ACCIDENTELE NORMALE.
TRĂIND CU RISCURILE MARI ALE
TEHNOLOGIEI

Cuprins:

Binecuvântarea necorespunzătoare… 3
Introducere… 5
1. Normalul accident de la Three Mile Island… 12
2. Energia nucleară un factor de sistem de mare risc:
De ce avem sau nu avem mai multe TMIs-dar în curând… 23
3. Complexitate, racordare şi catastrofe… 45
4. Industrile petrochimice… 75
5. Aparate de zbor şi avioane…?
6. Accidentele marine… 109
7. Sisteme de graniţă ale planetei: cutremure, mine şi lacuri… 139
8. Exotice: Spaţiu, bomba atomică şi ADN…?
9. A trăi în condiţiile unor sisteme de risc înalt… 180
Lista de acronime… 215
Note… 215
Bibliografia… 229
Index…? 230

Binecuvântarea necorespunzătoare

Am început să scriu această carte, neştiind ca voi începe să scriu o carte, în August 1979. Pană atunci plecasem de la trei instituţii, lucrasem cu o varietate de secretare, asistenţi de cercetare, colegiali şi câţiva critici tehnici. În acest segment al cunoaşterii nu mi-aş fi dorit să fac doar o lista din mai multe personae care m-au ajutat, câţiva care vă vor rămâne necunoscuţi şi poate o problemă de indiferenţă pentru mulţi cititori, dar de asemenea un sens marii averi şi voi arata câteva surse care au loc în viaţa academică.

Mulţi cititori au doar un neclar sens despre cum o carte urmează să fie scrisă. Într-o carte despre accidente, consider că sunt adecvate cunoştinţele despre binecuvântarea necorepunzătoare. Doar un sistem complex ne ameninţa, ceea ce voi puncta în această carte, aşa că fac ca sistemul complex să ne aducă un premiu imaginar şi nemeritat. Aici este explicaţia cadoului meu.

Când Profesorul Cora Marrett a fost numită de preşedintele

accidentelor de la „Three Mile Island”, ea s-a întâlnit cu David Sills de la consiliul de exploatare a ştiinţelor sociale, şi au discutat despre planurile pentru câteva dezbateri ştiinţifice ce au fost menite să fie o întreagă investigare cu orientare spre inginerie. Ele au realizat un chestionar, rugând un număr de persoane să scrie câte zece pagini, reporturi pentru Comisie. M-am întors la datoria mea, să fac o analiza dacă mă pot gândi la una. Ei mi-au dat toate materialele din mai iunie şi iulie, 1979 şi trei săptămâni până la termenul limită. Am rugat câţiva studenţi, Lee Clarke şi Michel Abalofia să îmi trimită cărţi şi articole despre accidente, despre puterea nucleară a fabriciilor şi a altor locaţii. Cu ale lor critici excelente am produs patruzezi de pagini într-un timp foarte scurt şi de asemenea şi excelentele ideei din carte.

Ca să produc cartea mi-a luat trei ani şi jumătate deoarece am vrut să marchez acele lucruri importante despre industria nucleară.

Am creat de asemenea un grup de asistenţi care au fost de acord cu mine. Abalofia şi Clarke s-au alăturat lui Leo Taşca, Kelvin McHale şi altora în căutările intensive şi în discuţii care i-au făcut cel mai vesel grup din campus. La întâlnirea de luni unul dintre noi a spus: „a fost un weekend minunat pentru proiect”.

La centrul pentru avansatele studii în „behavioral sciences”, am avut o şansă minunată de a recruta un student din ştiinţele politice, Jeff Stewart, care a realizat cea mai importantă muncă în programele spaţiale, punându-şi experienţa totală în proiectul acesta. În acest timp, Mitch Abalofia a realizat singur o schiţă pentru DNA şi totodată realizând şi o bună parte din proiect în foarte scurt timp. Lee Clarke a studiat amănunţit despre dezastru (contaminarea cu dioxina) în Binghamton, lucru care nu apare în carte. Leo Taşca s-a bazat pe accidentele marine preluat dintr-un studiu politic economic. Toate vieţii le noastre au fost schimbat de „Three Mile Island”.

În timp ce la Stony Brook hârtia mea a atras atenţia unui membru al academiei naţionale de ştiinţe, eu am fost întrebată dacă vreau să fac parte din noul comitet de „căutări ai factoriilor umane”. Aceasta întâmplătoare funcţie mi-a dat prilejiul de a cunoaşte mulţi oameni şi documante de care aveam nevoie de care niciodată nu m-am gândit că există. Richard Pew, preşedintele şi Tom Sheridan m-au lăsat pe mine să lucrez cu Jens Rassmussen în Danemarca şi cu alţi ingineri din domeniul literaturii. Baruch Fischhoff mi-a făcut cunoştinţă cu Dr. John Gardenier din Coast Guard, care a creat originalele documentare.

Am avut ocazia să întâlnesc oameni deosebiţi precum Paul Slovic şi Fischhoff, care m-au ajutat enorm de mult, criticându-mă şi încurajându-mă în inestimabilul curs despre psihologia cognitivă. Am plecat din comitetul de „căutări ai factoriilor umane" din cauza diferenţelor politice, dar Pew, Fischhoff, Sheridan şi mulţi alţi mi-au atras atenţia despre sponsorii din comitetul respectiv şi m-au ajutat să primesc o bursa de vara.

Bursa m-a introdus în contact cu câţiva căutători din „Personalul de căutare naval" din San Diego, Rex Hardly şi colegii lui de la Ames Research Center de la National Aeronautics şi Space Administration. Dând dovadă de o excepţională încurajare am descoperit acolo oameni precum Harry Orlady şi Jerry Ledere de la fundaţia „protecţia zborului".

Centrul din California m-a lăsat să stau un an, şi niciodată nu am să regret aceasta încuvienţare. Biblioteca şi resursele secretariale erau deosebite la acea instituţie. John Ferejohn m-a introdus în personalul calculatoarelor şi din această cauză cartea s-a publicat cu 6 luni mai repede decât mă aşteptam.

Trei studenţi au dorit să facă voluntariat; Becky Friedkin, John Mohr şi Gary Ransom. Friedkin în particular a avut nişte probleme precum: a fost inconstant, a avut confuzii conceptuale dar în general toate aceste probleme le-a rezolvat pe parcurs. Beverly Apothaker şi Mary Fasano au realizat şi ei o muncă extraordinară. În sfârşit, Yale's Institute pentru studiile politice şi sociale, „The Behavioral Science Center" şi „Stony Brook", au avut dreptul să inaugureze un seminar de auziţii unde au putut să îmi critice munca mea.

În afară de aceste instituţii, au existat şi oameni pe care vreau să îi menţionez precum: Dale Bridenbaugh, John Meyer, Marshall Meyer, John Scholz şi Todd LaPorte care au citit părţile din munuscris şi mi-au dat consistentele critici.

Apoi numeroşilor oameni tehnici, oameniilor din domeniul chimiei, geologilor, biologilor şi inginerilor.

Steve Fraser de la „Basic Books" a fost cel mai înţelegător editor; editorii sunt importanţi, oricare dintre autori vă poate spune asta. Autorii vă pot spune cât de dragi şi înţelegători sunt cei din jurul tău în special familia. Dar este imposibil să scriu această carte fără să îi menţionez pe cei doi membri ai mei: Nick şi Lisa moştenesc sistemul nostru radioactiv, toxic şi exploziv, îmi e teama să nu păşim într-o

planeta mult mai „degradată” decât am moştenit-o. Aşa că am decis să scriu această carte cu ei. Sper ca ei să facă mai mult decât eu şi Edith suntem în stare să facem.

INTRODUCERE

Bun venit în lumea marilor riscruri tehnologice! Acestea se înmulţesc din ce în ce mai repede, ceea ce am sesizat deja. Tehnologia se dezvoltă, războaiele se multiplică şi noi invadăm din ce în ce mai mult natura, creăm sisteme-organizaţi, care cresc riscul pentru operatori, pasageri, inocent de martori şi pentru viitoarele generaţi. În această carte noi vom trece în revistă aceste sisteme (puterea nucleară a industrilor, indstria chimice, controlul accidentelor aeriene şi a accidentelor rutiere, nave, dig, bomba nucleară, misiunile spaţiale şi ingineria genetica). Multe dintre aceste riscuri au iniţiative în potenţialul catastrofal, ablititatea de a lua milioane de vieţi. În fiecare an aceste sisteme se multiplica, se înmulţesc. Aceasta e o veste proasta.

Vestea bună este aceea că putem să înţelegem riscul în care este pusă natura mult mai bine şi suntem în stare să reducem acel risc care este în pericol. Trebuie să prezint o grămadă de riscuri rele în loc să le prezint doar pe cele bune, dar este posibil cu ajutorul acesta să traversăm partea asta cu ajutorul tehnologiei. Sunt foarte multe lucruri de perfecţionat, noi putem să dezvoltăm, deoarece sunt lizibil evidentecă operatorii perfecţionişti, mai multe regulaţi efective. Experţii lucrează pentru aceste soluţii în ambele, puterea executivă şi industrială. Nu sunt prea optimistă în ceea ce priveşte aceste eforturi, în timp ce riscruile par a părea mai repede decât reducerea riscurilor, dar nu acesta este topicul acestei cărţi.

De fapt, o să mă gândesc intens asupra caracteristicilor de risc înalt ale tehnologiilor care sugerează că indiferent cât de eficiente sunt mecanismele convenţionale de siguranţă, există un fel de accident inevitabil. Aceasta nu este o veste bună pentru sistemele care au potenţial de înalte catastrofe, ca de exemplu puterea nucleară, puterea plantelor, recombinaţia DNA, şi chiar şi navele care poluează foarte uşor mediu.

Cele mai multe sisteme de risc înalt au câteva caracteristici speciale, în spatele faptului că sunt toxice sau explozive, ele fac accidentele inevitabile, chiar” normale”. Este posibil să analizam aceste caracteristici speciale şi să găsim avantejele înţelegând de ce accidentele au loc în acele sisteme şi de ce vor rămâne pentru

totdeauna. Dacă ştim asta, suntem în cea mai bună poziţie să judecăm, într-un mod sigur, tehnologia pe care nu o putem abandona deoarece societatea noastră a fost construită pe baza acesteia, fiind astfel modificată. Riscul nu va fi niciodată eliminat din „sistemul riscurilor înalte", şi nu vom elimina mai mult de câteva sisteme. Cel mai puţin, totuşi, noi putem reflecta asupra erorilor unor persoane şi asupra erorilor unor factori şi putem să oprim sistemele care nu ne ajută în dezvoltare.

Argumentul este evident foarte simplu. Noi începem cu un echipament, avioane, cu un echipaj, laboratoare de biologie, şi alte componente (sarcina, proccedura, operatori). Apoi avem nevoie de două sau mai multe neajunsuri şi apoi interacţionăm în cele mai neaşteptate direcţii. Nimeni nu a visat că atunci când X ratează, Y poate să fie în afară, iar cele două să intereacţioneze iar rezultatul să fie unul uimitor. Mai mult decât atât, nimeni nu poate să înţeleagă interacţiunea în timp, astfel nu vom reuşi să aflăm ce trebuie să facem pentru rezolvarea problemei. Aceasta problema este doar ceva care nu i-a împiedicat niciodată pe designers. Aceştia încearcă să găsească o soluţie de mijloc pentru rezolvarea problemei, prin interacţiunea unor principii inevitabile.

Pentru câteva sisteme care au acest fel de complexitate, ca de exemplu investigarea şi evoluţia laboratoarelor, accidentele nu vor fi propagate deoarece acestea sunt fără coeziune. Dar sistemul este însă „cuplat strâmt", procesarea se produce însă foarte rapid şi nu se poate opri, deoarece nu se pot izola anumite părţi esenţiale de celelalte componente deja existente. Revenirea la normal şi restul se va răspândi rapid şi ireversibil cel puţin pentru un timp.

Probabil multe procese aşa încep să se dezvolte-interacţionând unele cu altele. Dar cu experienţă, design îmbunătăţit, echipamente, şi cu o bază solidă aceste procese se dezvoltă, în timp. Acestea încep să se producă în cazurile contorului traficului aerian, unde complexitatea interactivă şi reuşita, fuseseră reduse de o mai bună organizare şi fixare tehnologica. De asemenea interconectarea dintre daune şi cutremurele vor fi şi ele înţelese. Acum ştim că aceasta implica un sistem mai mare decât cel pe care îl considerasem iniţial când închisesem canionul şi îl lăsasem plin cu apă. Dar pentru cele mai multe dintre sisteme constate în această carte, nu e „bună" nici organizaţia şi nici tehnologia inovatoare deoarece apar însă ca nişte

sistemele care produc accidente. În plus, aceste sisteme necesită organizarea structrilor, care au o largă contradicţie; fiind înclinate la astfel de accidente.

Dacă complexitatea interactivă şi reuşita-sisteme caracteristice-inevitabil vor produce accidente, cred că suntem îndreptăţiţi să numim asta un accident normal sau un „sistem de accidente". Termenul de „accidente normale" este menit să semnalizeze acestea, dând caracteristicile sistemelor, multiple şi neaşteptatele interacţiuni, inevitabile. Este normal pentru noi să murim, dar o facem doar o dată". Sistem de accident" este foarte rar întâlnit, dar care poate produce o catastrofă de neimaginat.

Cea mai bună cale de a introduce ideea de accidente normale sau de „sistem de accidente" este dat de un exemplu ipotetic, din experienţe de zi cu zi. Ar trebui să fie familiar pentru noi toţi; este una dintre acele zile când totul ni se pare că merge prost.

O zi din viaţă

Stai acasă, departe de munca sau de şcoală, pentru că ai un interviu important în centru în această dimineaţă, interviu pe care în sfârşit l-ai negociat. Prietenii tăi sau cunoştinţele au plecat când îţi făceai micul-dejun, dar din nefericire el sau ea a lăsat ibricul soba cu gazul pornit. Cafeaua a fiert până când ibricul s-a înnegrit. Cafeaua fiind viciul tău, ai început să cauţi în dulap un alt ibric mai vechi. poi ai aşteptat să fiarbă apa, uitându-te la ceas, şi după ce ai tras pe gât cafeaua ai ieşit în graba pe uşa. Când să te urci în maşină ai realizat cu stupoare că ţi-ai lăsat cheile de la maşina împreună cu cele de la apartament în locuinţă. Este în regulă, căci există un loc ascuns, o rezervă, unde poţi găsi o copie după cheia de la apartament, loc menit pentru astfel de urgente. (este un spaţiu sigur) Dar îţi aminteşti că ai dat cheia unui prienten cu o noapte în urma pentru că avea că i-a de la tine câteva cărţi, şi ştiai că atunci când va veni după ele tu nu vei fi acasă.

Ei bine, se face târziu, dar întotdeauna exista maşina vecinilor. Vecinul este un om în vârstă şi amabil, care conduce maşina doar o dată pe lună, şi o păstrează în condiţii bune. Ai ciocănit la uşă, şi ai povestit pe scurt ce s-a întâmplat. Dar el îţi spune că tocmai motorul maşinii s-a stricat iar cel care vine să o repare este plecat şi vine doar după amiaza. Alt necaz te-a pândit, de această dată nefiind tu vinovată. Ei bine este întotdeauna autobuzul. Dar nu mereu. Domnul în vârstă şi

amabil a ascultat la radio şi a auzit de un blocaj al conducătorilor de autobuze. Şoferii refuză să mai conducă, plângându-se de nesiguranţa autobuzelor, şi de asemenea vor mai mulţi bani. Ai chemat un taxi de la telefonul vecinilor, dar nimeni nu putea ajungă din cauza blocajului.

Ai sunat-o pe secretara unde aveai interviul şi i-ai spus: „Este chiar o nebunie să vă explic, dar o serie de evenimente s-au întâmplat în această dimineaţă şi prin urmare nu mă mai pot întâlni cu domnul Thompson pentru interviu. Îl putem reprograma?" Şi îţi spun în sinea ta, săptămâna viitoare o să am două maşini la dispoziţie, un taxi şi îmi voi face singura cafeaua. Secretara a răspuns: „desigur!" dar şi-a zis" aceasta persoana este cu siguranţă nestatornica, pentru că îşi reprogramează întâlnirea cu domnul Thompson". El îşi face un semn pe înregistrare şi a căutat cel mai prost moment din săptămâna viitoare, astfel încât domnul Thompson să îl anuleze.

Acum aş dori să îmi răspundeţi printr-o scrisoare despre acest eveniment. Care a fost principala cauză a acestui eveniment?

1. Eroare umană (cum ar fi să lase focul deschis, sub cafea, sau să uite cheile în graba)?

Da – nu – nu ştiu –

2. Cădere mecanica (scrieare generatorului de la maşina vecinului)?

Da – nu – nu ştiu –

3. Mediul înconjurător (blocajul autobuzelor şi întârzierea taxiurilor)?

Da – nu – nu ştiu –

4. Modelul sistemului?

Da – nu – nu ştiu –

5. Procedurile sunt folosite (Cum ar fi încălzirea cafelei în ibric; lăsând doar timpul normal ca să ieşim din casa în aceea dimineaţă)?

Da – nu – nu ştiu –

Dacă aţi răspuns „nu ştiu" sau „nu" la toate întrebările, sunt cu tine. Dacă ai răspuns „da" la prima, greşeala omenească, ai avut parte de o serie de accidente ce seamănă cu Comitetul preşedintelui de investigare a accidentelor a celor three miles island. Comitetul dă vina pe toată lumea, dar în primul rând pe operatori. Constructorii de echipamente, Babcock şi Wilcox, învinovăţeşte operatorii. Dacă ai răspuns „da" la a doua întrebare, eroare mecanică, poţi să te alături oficiului Metropolitan Edison, care urmăresc ideea celor de la Three

Mile Island. Ei spun că accidenul a fost cauzat de

Dacă ai răspuns „da" la cea de a patra întrebare, create de sistem, te poţi alătura celor de la Essex Corporation, care au făcut un studiu pentru Nuclear Regulatory Commision a unei camere de control.

Cel mai bun răspuns nu este nu la toate întrebările şi nici nu exista o întrebare corecta, dar mai degrabă nimic la toate întrebările. (bineînţeles că eu nu am dat această opţiune). Cauza accidentului se află în complexitatea sistemului. Aşa că fiecare decăderemodelul, echipamentul, operatorii, procedurile, sau mediul înconjurătora fost trivial de chiar ele. Aceste decăderi se aşteaptă să fie ocolite de când nimic nu este perfect, iar noi în mod normal le luăm în considerare. Blocajul autobuzelor nu te-ar fi afectat dacă ai fi avut cheile de la maşina sau maşina vecinului tău. Generatorul maşinii vecinului tău ar fi un mic ipediment dacă ar fi fost taxiuri. Dacă nu era o întâlnire importanta, lipsa maşinilor, a autobuzelor şi a taxiurilor nu ar fi contat. În orice altă dimineaţă, incidental cu cafeaua nu ar fi fost decât un pic enervant., dar nu ar fi contat la dezamăgirea ta şi nu ai fi plecat în grabă uitându-ţi cheile.

Eşecurile au fost complementare, şi fiecare a contat la dezamăgirea sistemului, ele au devenit serioase când s-au adunat. Aceasta este o interacţiune a mai multor eşecuri care explică acest accident. Ne aşteptam la un blocaj al autobuzelor din când în când, ne aşteptăm să ne uitam cheile, ocazional împrumutăm copia de la chei cuiva, mai degrabă decât să le punem în rezervă pentru chei. Dar la ceea ce nu ne aşteptam este că toate acestea să se întâmple deodată. De aceea i-am zis secretarei că a fost o zi nebună, prea complicat de explicat, şi care implică legile lui Murphy (dacă nimic nu merge rău, va merge).

Acest accident a avut originea în interacţiunea lumii şi în reuşita-nu în decăderile discrete, la care ne aşteptăm, şi care sunt menite să fie împotrivă sistemului nostru. În cea mai mare parte a timpului nu observăm reuşita moştenită de la lumea noastră, pentru că în cea mai mare parte a timpului nu există eşecuri, sau eşecurile care apar nu interacţionează. Dar deodată, lucruri pe care nici nu le realizăm s-ar putea lega. (autobuzele şi generatorul, cafeaua şi împrumutul cheilor) devin legate. Sistemul este deodată mai strâns decât ne imaginam. Există şi sisteme care interacţionează, este

„normal” pentru ele să existe astfel de accidente, chiar dacă nu sunt frecvente. Nu este normal să ne aşteptăm la ele sau să fie frecventeintradevar niciuna nu este adevărată, de aceea suntem nedumeriţi când lucrurile merg prost. Este normal în sensul ca sistemul intrinsec să ne ofere ocazional experienţa interacţiunii. Three Miles Island a fost atât un accident normal sau sistematic, şi dacă nu luam în calcul şi altele, îl putem examina pe baza acestei cărţi. Aveam astfel de accidente pentru că ne-am construit o societate industriala care are câteva părţi, cum ar fi fabrică industriale sau aventurile militare, care interacţionează Din nefericire, câteva dinte acestea au un potenţial ridicat de a produce accidente catastrofale

În exemplul „o zi din viaţă” am introdus câţiva termini uzuali. Accidentul poate fi rezultatul mai multor eşecuri. Exemplul nostru ilustrează cinci tipuri de eşec: în modul de viaţă, al echipamentului, a procedurii, al operatorilor şi mediu. pentru a aplica conceptual de accident în general, aveam nevoie de cea de a şase-a arie – exces şi material. Toate aceste sunt abbreviate ca DEPOSE. (design, echipament, proceduri, operatori, exces şi material şi mediu) Exemplul arată cum diferite părti ale sistemului pot fi aproape dependente una cu cealaltă, aşa cum blocajul autobuzelor a determinat şi un blocaj al taxiurilor. Aceasta dependenta este cunoscută ca „strânsa reuşită”. Pe de cealaltă parte, evenimentele din sistem pot apărea şi idependent aşa cum am observat cu generatorul maşinii şi uitatul cheilor. Acestea sunt evenimente mai puţin reuşite, pentru că deşi sunt implicate toate la acelaşi momentul nu au fost cauzate una de cealaltă.

Un ultim pont pe care exemplul nostru nu îl ilustrează. Nu este cel mai bun caz a unui accident normal sau sistematic, şi am putea folosi aceşti termini, pentru că interdependenţa dintre aceste evenimente nu au putut fi stăpânite de persoana, sau operator. El sau ea nu a cauzat interdependenţa evenimentelor. În sistemul complex industrial, al spaţiului şi cel militar, accidentele normale înseamnă că interacţiunea nu este de aşteptat, dar sunt imprevizibile în anumite momente. Sistemul uman în mod normal nu poate fi văzut aşa cum interacţionează el. Şi chiar dacă l-ar fi văzut nu ar fi crezut. Aşa cum am aflat şi aşa cum au observat şi Robert Jervis şi Karl Weick, să vezi nu înseamnă să şi crezi, câteodată trebuie să credem mai întâi şi abia apoi să vedem.

VARIAŢII ASUPRA TEMEI

Ideea care a ghidat această carte are câteva ramificaţii radicale. De exemplu, virtual noi examinam locul unde apare „eroarea operatorilor", principala pe lista factorilor cauzali-in general cam 60 – 80% din accidente sunt cauzate de acest factor. Dar aşa cum putem vedea din când în când, operatorul se confruntă cu interacţiuni neaşteptate şi misterioase, de-a lungul eşecurilor, spunând astfel că ea sau el este zig decât să fie zag, posibil după impactul asupra lui. Înainte de accident nimeni nu poate şti ce se va inatampla sau ce are de făcut câteodată erorile sunt bizare. Vom calcula, de exemplu unde corăbile trebuie să îşi petreacă noapte şi deodată se întorc şi încep să fugă în lungimea mării... Dar se sugerează cu grija că marinarii sunt responsabili pentru acţiunea lor; este doar interacţiunea dintre mici eşecuri care duc la nişte erori imense în mintea lor, şi în aceste caz aceste imagini conflictuale duc la colaps.

O alta ramificaţie este că evenimentele mari au începuturi mici. Citind prin carte, există unele accidente care încep cu un mic ghinion în bucătărie; le găsim pe avioane, corăbii şi plante nucleare, unde trebuie să facem de mâncare şi să spălăm vase. Mici erori în marele sistem, accidentele nu sunt cauzate de mari fisuri, de aripi lăsate, sau de moartea motoarelor.

Începuturile mici de obicei cauzează mari evenimente când sistemul suferă un proces de transformare. Unde sunt implicate reacţii chimice, temperature ridicate sau presiune, aer, vapori sau tulburarea apei, nu putem prevede ce se va întâmpla sau să înţelegem în acel moment principala cauză. În multe transformări ale sistemului putem şti ceea ce lucrează, dar câteodată nu ştim de ce. Acest sistem este câteodată vulnerabil la micile eşecuri care sunt „propagate" neaşteptat, datorită complexităţii reuşitei. Vom examina alte sisteme unde există mai puţin transformare şi mai multă fabricaţie şi asamblare, sisteme care produc materiale dure mai degrabă decât să le modifice. Aici aveam o oportunitate de a învăţa din accidente şi din reducerea complexităţii. Şi acest sistem poate avea accidente – toate sistemele pot. dar are mai mult cauze majore uşor de identificat, decât celalate sisteme care au cauze triviale, ascunse, de neînţeles.

O alta ramificaţie este rolul organizării şi a conducerii în prevedeea eşecurilor sau în cauzarea lor. Organizarea este centrul nostru al cercetării, chiar dacă vorbim despre harware sau presiune şi temperature. Riscul major al sistemelor are o dubla penalitate: pentru

ca interacţiile misterioase intră în contact cu eşecurile, care închid sistemul, operatorii fie capabili să fie independenţi şi să aibă câteva acţiuni creative. Dar pentru că aceste sisteme sunt strâns legate, controlul operatorului trebuie să fie centralizat pentru că există puţin timp de verificare şi să aibă grijă de partea sistemului care merge. Un operator nu poate face doar ceea ce ţine de el dar sistemul nu poate fi descentralizat şi centralizat în acelaşi timp, el este organizat de Pushmepullyous, chiar spre povestirile Dr. Dolllitle, care încerca să meargă în partea opusă. Aşa că trebuie să adăugăm contradicţii orgaziţionale la lista noastră de probleme.

Chiar de la contradicţiile intrinseci, rolul organizaţiei sunt foarte important. De-a lungul timpului avertismentele au fost ignorate, au fost asumate riscuri neimportante, a fost depusă muncă în zadar. Ca teoretician al organizaţiei, sunt responsabil să nu pun accentul pe aceasta parte, parte ce deranjează întreaga organizare, dar care face parte din natura umană.

Nici cele mai bune tehnologii nu pot să creeze munca. În spatele acestei cărţi despre organizaţii, aceasta este o carte despre tehnologie. Probabil vei învăţa mai multe decât ţi-ai dori despre maşinile de polişat, despre fierbaroare şi despre sistemul de retragere a tragere a jaluzelei… Dar asta e trecător. Ceea ce nu este însă trecător şi este esenţial este evaluarea tehnologiei şi cum este ea „fixata”. Nu exista imperativul tehnologic care spune ca „trebuie” sa avem putere pentru fuziunea nucleară sau ca „trebuie” sa cream şi să pierdem organisemele vii, ce locuiesc pe pământ. Putem în schimb să salvam puterea solară salvând totodată şi industrile.

Este foarte important să evaluam fixurile tehnologiei în sisteme care exista sau nu exista. Fixurile acestea, includ componentele protejate, care câteodată crează noi accidente, accelerând sistemul mult mai repede, în cele mai mari explozii. Câteva fixuri tehnologice sunt „erori reduse” – motorul avionului cu reacţie este simplu şi mai sigur decât motorul cu piston; trei ingineri sunt mai buni decât doi într-un avion. Dar alte fixuri tehnologice sunt executate de organizaţii sărace având un design sărac.

Când adugam complexitatea şi reuşita catastofa, avem ceva care este nou în lume. Catastofele întotdeauna au fost cu noi. În trecutul îndepărtat, cele naturale au dus la facerea omenirii. Acestea creşteau odată cu industrilizarea, cu exploatarea şi cu arderea. În ultimi cinci

ani, s-a adăugata o nouă cauza: complexitatea interactivă, producând un sistem de accidente. Am produs designs atât de complicate încât nu putem anticipa toate posibilităţile interacţiunilor. Sistemul a devenit mai complicat deoarece se lucrează cu mai multe substanţe moarte sau distrugem funcţia în cea mai ostilă modalitate şi cu cea mai mare viteza. În trecut, designerii ar fi putut să înveţe de la colapsul catedralei medievale sub construcţie. Dar părem să fim incapabili să învăţăm de la tehnologia chimica a exploziei plantelor sau de la accidentele industrilor nucleare.

Înainte

Capitolul 1 va examina accidentele de la Three Mile Island (TMI) unde se vor găsi patru variabile independente, toate deştepte, niciuna dintre ele necreand teama. Sistemul cauzează accidente, nu opertorii. Capitolul 2 se bazează pe întrebările de ce industrile sunt atât de complexe şi nu am avut mai mult TMI. O. mică trecere în revistă despre industria nucleară a plantelor şi serioasele accidente. Recordul industriei şi Comisia nucleară regulatore este îngroazitore, dar nu pentru că este o diferenţă de la documente al altor industrii şi agenţi regulatorii. Nu este. Este îngrozitor din cauza potenţialului catastofic al acelei industri; care trebuie să aibă o mărturire performanta, şi este departe de acest lucru.

Putem defini în sens larg concepte precum complexitate, reuşită şi catastofa, dar în ordinea exprimata ulterior în lumea sistemelor de riscuri înalte unde avem nevoie ca termenii aceştia să fie foarte bine definiţi, şi un mai bun model de sisteme şi accidente şi consecinţinţele lor. Aceasta este munca pe care o vei regăsi în capitolul 3, unde termeni sunt definiţi şi ilustraţi prin intermediul unor poveşti. În acest capitol exploatăm avantajele pierderii reuşitelor, serviciile, şi organizarea voluntară în acord cu complexitatea şi reuşita, şi vom da o definiţie a acestor tipuri de catastrofe. Capitolul 4 aplica teoria complexităţi, reuşitei şi catastofei pentru industria chimică. Am dorit să fac înţeleasa aceste normale accidente, sau cum în general le vom numi, sisteme de accidente, care nu se limitează la industria nucleară. Unele dintre cele mai interesante şi bizare exemple interacţiune neanticipata va apărea în acest capitol.

Încă industria chimică sta pe loc, cu toate acestea ocazional se vor trimite separat sute de lovituri puternice un kilomentru depărtare într-o comunitate sau vor arde o mică parte din aeroplanul în mişcare.

În capitolul 5 ne vom baza pe atmosfera şi pe loviturile aeriene, şi controlul traficului aerian. Zborul este o parte a sistemului transformator, o foarte mare şi complexa reuşita. Fixurile tehnologiei sunt constinuite aici, în acest capitol. Zborul este un risc, şi întotdeauna va fi. Cu ajutorul sistemului căilor aeriene, pe de o parte, noi vom examina reducerea actuală a complexităţii şi a reuşitei lipsite de pericole; acest risc a devenit unul foarte sigur.

Transportul marin, apărut în capitolul 6, rezolva problema identificată. Vom analiza această problemă ca fiind cea care aduce erori de structura, vom atinge subiecte precum: construirea bărcilor şi a echipajelor marine, „echipamentul" marin, ridicarea bărcilor.

Capitolul 7 prezintă diversiunea de baraje, lacuri şi mine care nu sunt predispuse la sistemele de accidente. Dar acesta ne va sprijini punctual de vedere pentru că e mai degrabă un sistem linear decât unul complex şi accidentele sunt previzibile şi se pot evita. Totuşi când ne deplasăm departe barajele individuale, putem lua întregul sistem în care existam, unde vom găsi şi „sistemul eco-accident", o interacţiune între sisteme care se presupune a fi independente dar acestea nu sunt datorită ecologiei, o ramură foarte larga. Barajele lacurile şi minele sunt nişte poveşti ce merita să fie spuse. Barajele se scufunda sau plutesc când se dărâma? cum putem să pierdem o parte din lacurile şi barajele în câteva ore?

Capitolul 8 vom descoperi o parte confidenţială a sistemelor. Misiunile spaţiale sunt foarte complexe, dar potenţialul catastofal a fost unul mic iar acum este unul şi mai mic. Cel mai important, aceste sisteme ne lasă să examinam rolul operatorului. Accidentele cu bomba atomică va ilustra un sistem atât de complicat care tinde spre eroare. prospectele sunt unele terifiante. Acest capitol vă va introduce într-un subiect foarte delicat dar totodată şi foarte interesant.

În ultimul capitol vom încerca să examinăm noile şamanuri, riscul evaluatorilor şi lipsa lor de înţelepciune, psihologişti cognitivi. După cum era şi de aşteptat, ca sociologist, un cuvânt clar despre cel din urmă, dar cercetarea lor a prevăzut că pământul are un rol în luarea deciziilor de mare risc.

În sfârşit, vom adăuga creditele şi deficitele sistemului care l-am examinat, şi voi face câteva modeste sugesti ca să pot complica vieţile unor sisteme.

Capitolul I

Accident normal la Three Mile Island

Primul nostru exemplu de accident cu potenţial de sistem complex este cel de la centrala nucleară Three Mile Island, Unitatea 2, de lângă Harrisburg, Pennsylvania, de pe 28 martie 1979. Am simplificat foarte mult detaliile tehnice şi nu am încercat să definesc toţi termenii. Nu este necesar să înţelegem tehnologia la niciun nivel. Ceea ce doresc să transmit este inter-relaţionarea sistemului şi ocaziile de interacţiuni derutante. Acesta va fi cel mai bogdat aport tehnologic al cărţii, dar măcar un sens general al complexităţii va ieşi la iveală dacă cineva doreşte să urmărească drama mai mult decât evoluţia tehnică a accidentului.

TMI este cu siguranţă cel mai grav accident dintr-o centrală nucleară de până acum. Drama evenimentului a alertat naţiunea timo de 2 săptămâni, pe măsură ce confirmarea genera panică, iar noi aflam că o bulă masivă de hidgrogen a pus pe fugă femei gravide şi alţi locuitori. Preşedintele Statelor Unite înconjura centrale în timp ce două pompe slabe, destinate altor scopuri, munceau pentru a reţine contaminarea cauzată topirii centrului (una dintre le ele a cedat la scurt timp, dar din fericire până să cedeze şi a doua pompă, sistemul se răcise suficient pentru a permite circulaţia normală). Investigaţiile ulterioare şi procesele au descoperit o aparent nesfârşită poveste despre incompetenţa, minciună şi ascunzişuri dinaintea, din timpul şi de după accident; într-adevăr, noi dezvăluiri apăreau în timp ce această carte era tipărită. Aşa cum vom vedea în capitolul 2 în care vom examina alte accidente, tot ceea ce era legat de performanţă-utilitatea, fabricaţia., agenţia de reglementare şi industria-funcţionau la un nivel mediu. Fragmente din dezastrul TMI pot fi găsite şi în alte părţi a; e industriei doar că niciodată nu au fost îmbinate într-un mod atât de dramatic. Unitatea 2 din TMI a funcţionat cu greu la sfârşitul lui 1978. Centrele nucleare au întotdeauna probleme la pornire din cauza sistemului atât de complex şi a inovaţiei tehnologice. Multe procese nu sunt încă bine cunoscute iar unele componente sunt tolerate îngrijorător de greu. O centrală nucleară este de asemenea o creaţie hibrităă-reactorul este complex, nou şi construit cu grijă de o companie, în timp ce sistemul de încălzire care porneşte turbinele este mai degrabă vechi, convenţional şi mai puţin sofisticat. E posibil ca Unitatea 2 să fi avut mai multe probleme. Forţa de rezistenţa fusese redusă într-un process de economizare. Au fost

multe opriri şi mai multe lucruri s-au dovedit a fi în neregulă. Dar se presupune că nu era atât de diferită fată de alte centrale; după un accident dintr-o centrală, în timpul unei investigaţii, vor apărea numeroase probleme care au trecut neobservate sau nedocumentate şi care ar fi împiedicat accidentul. Într-adevăr, în procesul din 1982 în care Metropolitan Edison dădea în judecată constructorul reactorului, Babcock şi Wilcox, acesta din urmă fusese acuzat de un număr jenant de erori iar furnizorul a acuzat incompetenţa de a folosi maşina. Dar Metropolitan Edison se ocupă de alte maşini, iar Babcock şi Wilcox au construit multe reactoare care nu au avut un accident atât de grav. Ştim atâtea despre Unitatea 2 dar doar pentru că accidentul de la TMI a făcut-o un subiect de studiu intens; probabil este cea mai bine documentată examinare a performanţei organizaţionale din registrul public. La ultima numărare am găsit 10 volume tehnice sau cărţi publicate despre acest accident, probabil 100 de articole şi multe volume de mărturii.

Accidentul a început din sistemul de răcire. Existau 2 astfel de sisteme. Primul conţine apă sub presiune şi la temperaturi ridicate care circulă prin centre unde are loc reacţia nucleară. Această apă merge către un generator de aburi, unde spală mici tuburi într-un sistem separate, al doilea sistem de răcire, şi încălzeşte apa. Acest transfer de căldura de la sistemul principal la cel secundar fereşte sistemul de supraîncălzire şi foloseşte căldura pentru a obţine aburi. Apa din al doilea sistem se află de asemenea sub presiune până se transformă în abur, ceea ce conduce turbinele ce generează energie electrică. Accidentul s-a produc în al doilea sistem de încălzire.

Apa din sistemul secundar nu este radioactivă (cum este apa din sistemul principal) dar trebuie să fie foarte pură pentru că aburul său conduce lamele turbinelor. Impurităţile ajung în apă şi trebuie înlăturate de sistemul de lustruire, care aruncă particulele precipitate. Polizorul este un sistem nărăvaş şi a eşuat de trei ori în câteva luni. După aproximativ 11 ore de lucru al sistemului, la ora 4: 00 a.m., pe 28 martie 1979, turbine s-a oprit. Deşi motivul nu era cunoscut în acel moment, se crede că o parte din apă s-a scurs din sistemul polizor printr-un sigiliu.

Sigiliie sunt întotdeauna în pericol de scurgere, dar în mod normal nu este o problemă. În acest caz, umezeala a intrat în sistemul de aer al centralei. Aceasta a interrupt presiunea aerului în acest caz,

umezeala a intrat în sistemul umezeala a intrat în sistemul de aer al centralei. Aceasta a întrerupt presiunea aerului aplicată în 2 supape pe 2 pomempe de apă. Această întrerupere a transmis pompelor ca ceva era în neregulă (deşi nu era) şi că ar trebui să se oprească. Aşa au făcut. Fără pompe, apa nu mai curgea în generatorul de aburi, unde căldura primului sistem putea fi transferată spre apa rece din sistemul secundar. Când acest current s-a interrupt, turbina s-a închis automat datorită unui sistem de securitate.

Dar oprirea turbinei nu este suficientă pentru a asigura siguranţa centralei. Într-un fel, căldura din din centru, care face ca sistemul principal de încălzire a apei să fie atât de fierbinte, trebuie înlăturată. Dacă iei un ibric cu ceai de pe foc şi îi închizi capacul, căldura din metal va continua să producă aburi, şi dacă va continua să producă aburi care nu pot ieşi, s-ar putea să explodeze. Aşadar, pompele care alimentează apa intră în acţiunesunt create în aşa fel încât să împingă apa dintr-un tanc de rezervă şi să conducă în sistemul secundar de răcire, compensând pentru apa din acel sistem care va fierbe acum când nu mai circulă (ca atunci când torni apă peste ibricul care fierbe). În orice caz, aceste două conducte erau din păcate blocate. O supapă din fiecare conductă fusese lăsată din greşeală închisă cu 2 zile înainte. Pormpele au pornit şi operatorul le-a verificat dar nu a ştiut că pompau apă într-o conductă închisă.

Comisa Preşedintelui pe Accidentul de la Three Mile Island (Comisia Kimeny) a petrecut mult timp încercând să afle cine a fost responsabil pentru lăsarea supapelor închise, dar nu a avut succes. Trei operatori au mărturisit că e un mister pentru ei faptul că supapele au fost închise, deoarece ei îşi aminteau clar că le-au deschis apă testare… Probabil aţi avea aceeaşi problemă cu închiderea congelatorului sau a uşii din faţă; eşti convins că ai făcut asta, pentru că ai făcut-o de foarte multe ori. Operatotii au mărturisit în audiţiile Comisiei că printer sute de supape care se inched şi se deschid într-o centrală nucleară, nu este neobişnuit să găseşti câteva în poziţia incorectă – chiar dacă încuietoarele sunt puse pee le şi operatorii pot ţine o evidenta a acţiunii lor.

Accidentele implică adesea asemenea mistere. O treaptă de siguranţă de pe o navă spaţială s-a desfăcut premature (o încărcătură explozivă o deschidea) când elicopterul de recuperare era pe cale să o ia din apă după aterizare. Gus Grissom, astronautul, a insistat că nu el a

acivat dewsschiderea prematură sau accidentală. Pur şi simplu a sărit singură (el aproape s-a înecat). Este vechiul război dintre operatori şi echipament pe care alţii l-au proiectat şi construit. Operatorii afirmă că nu este vina lor; creatorii spun că nu este vina echipamentului. În mod ironic, astronauţii au descris treapta ca un dispozitiv de siguranţă în caz că ar fi trebuit să iasă rapid, nu este singurul exemplu în care vom descoperi sisteme de siguranţa ce sporesc riscul unui accident. Operatorii de la TMI au conchis în final că supapele mar nu se închid singure, deci cineva a făcut o gafă.

Două indicatoare de pe panoul de control de la TMI arătau că supapele erau închise în loc să fie deschise. Unul a fost obturat de o etichetă ce atârna de butonul de deasupra. Dar în acel moment operatorii nu cunoşteau nicio problemă a alimentatorului de apă şi nu au avut ocazia să se asigure că aceste supape, care erau mereu deschise, mai puţin în timpul testelor, erau într-adevăr deschise. După 8 minute, când erau zădărniciţi de performanţele centralei, au descoperit problema. Până atunci o mare parte din pagubă fusese produsă. Aparent cunoştinţele noastre legate de aceste centrale sunt destul de incomplete, din moment ce unii experţi considerau că supapele deschise au fost o importantă eroare, iar alţii susţineau că acest fapt era lipsit de importanţă din moment ce rezervele cu apă de alimentare erau limitate şi se întâmplau oricum lucruri mai grave.

Fără circulaţie în radioatorul din al doilea sistem, un număr mare de complicaţii urma să apară. Generatorul de aburi a fiert pe uscat. Din moment ce căldura nu era înlăturată din centru, reactorul a „luat-o la vale". Tijele de control, 80% argint, cad în centru şi absorb neutronii, oprind reacţia în lanţ. (În primele experimente cu reacţii în lanţ, procedura era aceeaşi de aici termenul „vale" pentru oprirea reacţiilor în lanţ.). Dar nu e suficient. Decalarea materialelor radioactive tot produce ceva căldură, suficientă pentru a produce electricitate pentru 18.000 de case. „Căldura de descompunere", în acest rezervor mai înalt decât un bloc de 3 etaje, generează o căldura şi o presiune enormă. În mod normal se găsesc sute de galoane de apă în sistemele principal şi secundar de răcire pentru a scădea căldura intensă a centrului reactorului. În câteva zile acest sistem de răcire ar trebui să potolească centrul. Dar sistemul de răcire funcţiona.

Există evident ASD-uri pentru a controla problema. Primul ASD este supapa operată de pilor automat (PORV), care eliberează

presiunea din centru printr-un vad mare numit presurizator, şi în afara acestuia printr-o ţeavă de scurgere numită „picior fierbinte". Apa este radioactivă şi foarte fierbinte, aşa că supapa este o bătaie de cap. De asemenea, ar trebui să fie deschisa suficient timp pentru a elibera presiunea; dacă prea multă apă intră prin ea, presiunea va scădea atât de mult încât apa va crea bule de abur, numite pompe de răcire. Aceste bule vor restricţiona valul ventilatorului, şi va permite ca unele puncte să se încălzească mai tare decât restul-permiţându-le să fuzioneze din nou.

PORV mai este cunoscut şi ca numele commercial pentru supapa de eliberare electromagnetică" de către Dresser Industries. Aceasta este o firmă care a sponsorizat reclame imediat după accident afirmând că actriţa Jane Fonda a fost mai periculoasă decât centralele nucleare. Ea juca în „China Syndrome", un film popular care rula la vremea respectivă şi care descria o apropiată topire a unei centrale nucleare). Se aştepta o cădere o dată la 50 de folosiri, dar pe de altă parte, este uneori necesară. Comisia Preşedintelui a descoperit cel puţin 11 unităţi care au căzut în alte centrale nucleare (spre surpriza Comisiei Reglementării Nucleare şi a constructorului reactorului, Babcock and Wilcox, care ştiau doar de 4); au mai existat încă 2 căderi în scurta viaţă a TMI Unitatea 2. Din păcate, s-a întâmplat ca de această dată, cu supapele închise şi un indicator ascuns, cu pompele condensatorii în regulă, ca PORV să cedeze în a se reseta sau închise, dupcă ce centrul a eliberat suficientă presiune.

Aceasta a însemnat că centrul reactorului, unde căldura se ridica deoarece lichidul de răcire nu se mişca, a avut un gol semnificativ. Lichidul de răcire din centru, sistemul principal de răcire, se afla sub o mare presiune, şi elimina prin supapa înţepenită prinun tub lung, „piciorul fierbinte", care se termina într-un rezervor uscat. O treime din capacitatea miezului, într-un final, era eliminată. Nu a fost o simplă spargere a conductei aşa cum credeau operatorii; pur şi simplu sistemul s-a dezlănţuit când nu era cazul.

Din moment ce fuseseră şi înainte probleme cu supapa, un indicator fost recent adăugat pentru a avertiza operatorii. Cuvântul principal într-o centrală nucleară este „siguranţă". Dar, cum nimic nu este perfect, s-a întâmplat ca de această dată indicatorul să cedeze, probabil din cauza unui întrerupător stricat. Sistemele de siguranţă, cum ar şi luminile de avertizare sunt necesare dar nu oferă potenţial

împotriva decepţiilor. Neavând o lumină care să-i asigure că supapa era închisa, operatorii au urmat alţi paşi pentru a verifica situaţia acesteia, cu jumătate de an în urmă. Dar dacă nu ai încredere în luminile de pe bord o armată de operatori ar fi necesară ca să verifice fiecare parte a sistemului care ar putea fi relevantă. Iar una dintre lewcţiile complexelor sisteme TMI este că orice parte a sistemului ar putea interacţiona cu alte componente în moduri surprinzătoare.

Indicatorul a transmis un semnal panoul de control cum că supapa ar fi primit comandă de închidere. Aşadar operatorii au consemnat că totul era în regulă cu PORV, şi au aşteptat ca presiunea reactorului să se ridice din nou, din moment ce a scăzut rapid când supapa s-a deschis pentru o secundă. Capacul a rămas pe container timp de 2 ore şi 20 de minute, până la tura următoare când supervizorul, aruncând o nouă privire, a descoperit problema.

Ne aflăm acum, la numai 13 secunde în „tranziţie" cum o numesc inginerii (nu este un termen optimis pentru a denumi ceva temporar sau tranzitoriu, dar mai degrabă descrie o schimbare rapidă într-un anumit perimetru, în acest caz, al temperaturii). În aceste câteva secunde a exiostat un fals semnal ce a cauzat cedarea pompelor de condensare, dereglarea supapelor de răcire şi obturarea indicatorului, eşuarea unui PORV de a se reseta, şi indicarea greşită a poziţiei acestuia. Operatorii nu au fi putut să conştientizeze niciunul dintre acestea.

Mai mukt, în timp ce toate aceste compenente sunt interdependente, ele nu se află într-o secvenţă operaţională directă. Aceasta este o secvenţă de stadii ca într-o linie de producţie, sau o secvenţa pentru siguranţă. Operatorul ştie că un bloc din linia condensatorie va cauza cedarea pompei condensatorii, ceea ce va opri apa din a se îndrepta spre generatorul de aburi şi apoi spre generatorul de aburi şi apoi spre turbină pentru a o porni, lipsind-o pe aceasta de energia necesară pentru a funcţiona. Acest fapt este uşor de înţeles. Dar conectat la această secvenţă, nu ca parte a rolului de producţie, se află un alt sistem, sistemul principal de răcire, care reglează cantitatea de apă din centru. Se consideră că nivelul apei din centru a scăzut, ceea ce s-a şi întâmplat, din cauza căderii de presiune şi temperatură din sistemul principal de răcire. Dar operatorii nu au sesizat o legătură între această cădere şi o închidere din cauza interactivităţii sistemului Conexinea se realizează prin PORV dar nu

are legătură cu o secvenţă de producţie sau de siguranţă spre turbine, sau cu cedarea sistemului de condensare, chiar dacă operatorii au căzut de acord că acesta a fost motivul cedării turbinei. Se aştepta ca PORV să opereze la bazele presiunii centrului, excluzând funcţionarea turbinei, sistemul secundar de răcire şi pompele de răcire de urgenţă.

Chiar dacă există o parte a sistemului în secvenţă direct operaţională, o eroare a informaţiei poate face conexiunea opacă, dacă nu chiar invizibilă. De exemplu, PORV este conectat în secvenţă directă cu o ţeavă de scurgere, apoi cu un vad de scurgere, iar când acesta se umple, cu un collector de apă. Câteva aspecte ale apei radioactive vor ieşi la iveală pe parcurs. Dar pentru operatori, aceasta era apă cu „origini necunoscute", ei fiind asiguraţi de semnalul luminos că PPORV era închis. Deoarece au presupus spargerea unei conducte iar acest sistem, într-o centrală, este atât de complex, nu exista vreun motiv să se creadă că apa putea veni de oriunde. Într-adevăr, mai târiu în accident, au aflat că apa radioactivă nu traversa către vasul setat de ei, dar din cauza interacţiunii dintre fluxul complex şi presiune, aceasta mergea într-un vas greşit, care s-a revărsat, de această dată în clădirea auxiliară.

Aici găsim esenţa accidentului normal: interacţiunea unor erori multiple care nu se află într-o secvenţă direct operaţională. Aţi putea sublinia această definiţie, dar mai există un ingredient pe care nu l-au explorat în detaliu-carecterul incomprensibil. Să ne întoarcem la povestea TMI pentru a examina această incomprehensibilitate, care este principalul motiv pentru care eroarea operatorului este atât de neprielnică unui accident normal.

PORV este acum deschis şi va mai fi pentru 2 ore şi 20 de minute, iar lichidul de răcire din centrul reactorului ţâşnea cu putere spre vasul de scurgere, aşa încât presiunea reactorului a căzut. Acest lucru este periculos dacă nu scade şi temperatura, deoarece fără presiune asupra apei supraîncălzite, va deveni abur, care nu se răceşte şi crează bule care blochează fluxul bentilatorului. Aşadar unul dintre cele 2 ventilatoareale reactorului (un alt sistem de urgentă) a pornit automat şi un altul a pornit fost pornit de către operatori (13 secunde în accident). Pnetru două sau trei minute lucrurile păreau normale; lichidul de răcire din centru părea stabil. Dar nu era aşa. Din mai multe motive care pot privi conjunctura se pare că vidurile sau bulele de abur s-au format în aşa fel încât au lăsat impresia de stabilitate după ce

pompele de răcire au pornit. Operatorii nu ştiau că generatoarele de abur nu primeau apă. Când au fiert fără apă, lichidul de răcire se încălzise din nou pentru că sistemul secundar de răcire nu înlătură căldură din cel principal. Din moment ce centrul pierdea apă, presiunea din sistemul de răcire a căzut pe neaşteptate.

În acest punct, 2 minute în accident, un alt mechanism de siguranţă a pornit injecţia cu presiune, sau HPI, care forţează apa în centru la mare viteză. Aici a intervenit drama, acţiunea denumită sursa majoră a accidentului şi cheia erorii operatorilor. După ce HPI a funcţionat la maxim în jur de 2 minute, a fost redus drastic, astfel încât nu a înlocuit apa care fierbea prin PORV. Aceasta a însemnat că centrul era încet descoperit-cel mai de temut pericol într-o centrală nucleară, deoarece va topi vasele şi va elimina radiaţiile.

Probând această acţiune, comitele de investigaţie au fost conduse către un accident mai vechi din centrala Ohio, notiţe ale unui inginer TVA, notiţe din dosarele Babcock şi Wilcox (firma care a construit reactorul), şi un accident din Belgia, într-un reactor Westinghouse. Toate aceste avertizări au intervenit mult înaintea TMI. O poveste birocratică demnă de Franz Kafka a ieşit la iveală din investigaţia TMI şi avertizările, pe care le vom înainta ca să rămânem la răufăcătorii piesei: nefericiţii operatori conform tutor rapoartelor.

Injecţia de mare presiune presupune injectarea apei reci la o presiune eridicată în centrul reactorului pentru a scadă temperaturile reactorului. Ajunge la aproximativ 1.000 de galoane pe minut, şi ar putea umple o piscină în 20 de minute. Este o afacere riscantă. Apa rece ar putea produce un şoc în centru, producând fisuri subţiri în echipamentul centrului, sau chiar în vas (probabil doar dacă n-ar fi fost operabil mai mulţi ani). Presiunea înaltă ar mai putea produce pagube pe măsură ce centrul se umple, surmenându-l. Majoritatea experţilor desconsideră aceste pericole, dar nu toţi. Ca să indic cât de puţin înţelegem sistemele nucleare, aş nota că la scurt timp după accident, câţiva au susţinut că revenirea pe HPI a fost benefice, deşi nu este o viziune majoritară.

După 2 ani, Comisia de Reglementare Nucleară a emis un raport ce dădea substanţă acestui pericol. Se aducea la cunoştinţă că 13 reactoare, unele dintre ele vechi de doar 3 sau 4 ani, arătau grade de fragilitate ale vasului icentrului, din cauza bombardamentului radioactive intens care era mai puternic decât se prevedea. Aceasta a

ridicat serioase griji privind securitatea. Cu siguranţă injecţia cu presiune înaltă a apei reci într-un vas fragil l-ar fi putut crăpa, producând topirea şi toate consecinţele acesteia. Din fericire, centrul TMI a fost operaţional la putere maximă pentru aproximativ 40 de zile.

O altă problemă a HPI este un subiect de discuţii intense. Ar putea ceşte presiunea prin umplerea cu apă într-un gel de assimilator de şocuri şi stabilizator. Este un vas larg cu aproximativ 800 de metri cubi de apă în bază şi 700 de in cubi de aburi deasupra. Folosind boilere din vas, presiunea aburilor de deasupra poate fi ridicată sau scăzută, ceea ce controlează presiunea apei de răcire din centru. Dacă HPI transmite prea multă apă în centru, va ininda acest vas. Dacă există un val substanţial de presiune în centru, perna de aburi va fi pierdută şi ţevile de răcire ar putea exploda (o sursă LOCA, sau pierderea răciri, probabil cauzând topirea. Chiar dacă supele de siguranţă au prevenit explodarea unei ţevi, un sistem de presiune plin prezintă oricum o situaţie serioasă. Este un instrument de urgenţă şi nu ar trebui dezactivat.

Operatorii au fost antrenaţi intens spre evitarea rezistenţei în sistemul de presiune atât de către vânzător, Babcock and Wilcox, cât şi de către utilizator, Metropolitan Edison, care operează TMI. Nu există niciun indiciu în manual cum că în anumite circumstanţe ar fi mai ului să se vazeze pe sistemul de presiune decât să revină pe HPI. Această directivă a fost luată în considerare după un accident mai vechi la o alta centrală, dar a fost respinsă de Babcock şi Wilcox. În acest punct, cam 2 minute în accident, a existat o circumstanţă în care HPI a fost necesar mai mult decât un sistem de presiune active. Centrul era aproape de a se descoperi.

După activarea HPI, operatorii se uitau în primul rând la 2 busole, apropiate una de alta… Una indica faptul că presiunea din reactor încă mai cădea, ceea ce era un mister pentru că cealaltă indica o creştere a presiunii, într-adevăr, periculos de mare. Dar ar fi trebuit să se mişte la unison, cum făcuseră întitâeauna. Sunt conectate prin ţevi, iar sistemul de presiune trebuie să controleze presiunea din sistemul de răcire, de aceea se afla acolo.

Probabil că busolele funcţionau greşit. Se întâmplă uneori. Dar care dintre ele? Dacă busola reactorului era corectă, şi presiunea scădea în reactor, trebuie să fi existat o anomalie semnificativă, pentru că o cantitate mare de apă mergea prin pompele de răcire către centru,

care încă mai mergea, şi prin injecţia de presiune care tocmai pornise. Chiar dacă era pe undeva o spărtură în ţevi, pompele de răcire ale reactorului ar fi asigurat că centrul va rămâne acoperit şi fără HPI. Cu toată apa aceea, cum ar fi putut să scadă presiunea? Pe de altă parte, din moment ce operatorii ştiau că pompele de alimentare cu apă în caz de urgenţă porniseră (dar nu aveau ce să pompeze din cauza supapelor închise), au crazut că sistemul secundar de răcire ar trebui să răcească centrul, astfel încât să scadă presiunea din centru. Dar atunci, de ce a pornit HPI? Probabil că busola presiunii reactorului se înşela.

Cealaltă busolă era o sursă serioasă de îngrijorare. Presiunea puternică elimina o bordură de siguranţă, şi toate instrucţiunile spuneau că sistemul de presiune nu ar trebui să fie inundat. Pentru că nu erau aburi deasupra, un val de presiune ar fi putut duce la crăparea unei ţevi. Operatorii puteau vedea legătura dintre HPI şi afişarea unei presiuni ridicate în sistemul de presiune. Injecţia de presiune înaltă ininda centrul şi trimitea apă inundând sistemul de presiune. Aşadar au redus-o drastic, eliminând pericolul de solidificare.

Ceea ce nu ştiau şi nu aveau cum să ştie, era că PORV, fiind deschis, şi cu cele două supape blocate, prevenind înlăturarea căldurii, au avut deja un LOCA, dar nu din spargerea ţevii. Presiunea videlor din aburii care se formau creştea rapid pentru că centrul era aproape descoperit. Au crezut că evitau un LOCA atunci când deja erau într-unul şi înrăutăţeau situaţia. Cu PORV rămas deschis, perocilul de solidificare în sistemul de presiune a fost redus pentru că supapa deschisă asigura ceva destindere. Dar nimeni nu ştia că este deschis.

Comisia Kemeny credea că opertorii ar fi trebuit să ştie şi i-au mustrat aspru în raporterau „orbi" în faţa pericolului; două indicaţii ar fi trebuit să-i avertizeze asupra LOCA, şi este o lecţie ca acestea să fie examinate. În primul rând, trebuie ştiut că LOCA este cel mai de temut dintre posibilele accidente într-o centrală, pentru că centrul s-ar putea topi, iar în cel mai rău caz ar putea produce o explozie şi ruptură în vas, împrăştiind radioactivitate. Chiar şi fără o explozie, căldura externă a fiziunii ar putea declanşa contaminarea. LOCA va interveni când nivelul apei va coborî sub nivelul conductelor de combustibil care se încing. Dar nu există o măsurare directă a nivelului aspei din centrul la reactoarele Babcock şi Wilcox. Ar putea fi adăugat un astfel de mecanism, a spus un official al companiei la o conferinţă de presă, dar

ar fi dificil de produs şi ar crea alte complicaţii. Ar fi greu de măsurat apa sub presiune înaltă, aproape de a se transforma în aburi. Aşadar, să examinăm măsurile indirecte.

Un instrument măsoară presiunea din vasul de scurgere. Dar nu este considerat un indicator vital de către creatori, şi este localizat în spatele unui panou de control de 4 metri, lângă bază. Fără să susoecteze că erau într-un Loca, nimeni nu s-a deranjat să-l examineze (deşi raportul menţionează vag această problemă). Un alt indicator arată temperature vasului de scurgere; cu sute de galoane lichid de răcire încins ţâşnind afară spre vasul de scurgere, afişajul apei ar fi trebuit să fie mult mai ridicat. Într-adevăr era ridicat. Dar aveau probleme cu un PORV care se scurgea de câteva săptămâni, ceea ce însemna că lichidul de răcire trecea mereu prin el, deci era normal să fie mai ridicat decât de obicei. A ţâşnit la un moment dat, cum au notat, dar aceasta la scurt timp după deschiderea PORV, iar când nu a scăzut rapid a fost de întelkes, deoarece ţeava se încinge şi rămâne fierbinte. „Atât de fierbinte?" a întrebat un membru al comisiei ce interoga un operator. Acesta a răspuns „Da; dacă ar fi fost un LOCA m-aş fi aşteptat să fie mult mai ridicat". Nu pentru LOCA fuseseră antrenaţi la simulatoarea, din moment ce o parte din lichidul de racier venea prin sistemul de urgenţă, iar o altă parte prin HPI, care nu fusese închis complet. Trainerul lor nu şi-a imaginat niciodată un accident multiplu cu un PORV înţepenit şi supape blocate. Dar cum rămâne cu scăderea presiunii din centru; cu siguranţă ar indica faptul că lichidul de răcire ieşea cumva. Dar operatorii au considerat indicatorul ca fiind eronat sau pur şi simplu misterios deoarece îl contrazicea pe cel de lângă el, indicatorul sistemului de presiune, care creştea. Un supervisor a mărturisit:

„Consider că ştiam că ne confruntăm cu o situaţie diferită, dar cred că de fiecare dată când luam o decizie era bazată pe ceea ce cunoşteam deja. De exemplu: presiunea era scăzută, dar au deschis supapele de alimentare rapid în generatorul de aburi, şi au crezut că a „intrat la apă". Era logic în acel moment pentru majoritatea acţiunilor, chiar dacă astăzi poţi privi înapoi şi să spui, păi, nu asta a fost cauza, şi nu ar fi trebuit să dureze aşa mult".

Vom mai întâlni dilema acestui om de mai multe ori în această carte; ajunge în miezul unei probleme mai degrrabă organizaţională. În faţa incertitudinii, trebuie, evident, să facem un raţionament, chiar şi

unul temporar. A face un raţionament înseamnă să creezi un model mintal sau un univers expectitiv.

Să presupunem că primeşti o comandă de la şeful tău. Nu ştii dacă să faci A sau B fiindcă ordinal ar putea însemna oricare dintre ele. Alternativă A ar fi corectă dacă ceva ar fi teribil de greşit sau dacă situaţia ar fi destul de neobişnuită. B ar fi corectă dacă ar fi o situaţie care a mai intervenit în trecut şi nu era aşa de serioasă. Hotărăşti că se referee la varianta B. Această alternativă a mai fost folosită, şi e uşor de scos la capăt. Pentru a o realiza urmezi paşii 1, 2 şi 3. Încă nesigur, verifici consecinţele fiecărui pas. După pasul I, anumite lucruri trebuie să se întâmple, şi se întâmpla. La fel şi cu paşii 2 şi 3. În ciuda faptului că acesta nu este un test care să favorizeze varianta A în faţa variantei B, confirmă doar decizia ta. Crezând astfel, tu de fapt îţi creezi o lume congruentă cu interpretarea ta, chiar dacă ar putea fi o lume greşită. S-ar putea ca tu să-ţi dai seama prea târziu.

Opreatorii de la TMI se confruntau cu această dilemă. Alternativă A, crezând în indicatorul de presiune al centrului, ar însemna că centrul se descoperea. Nu s-a mai auzit de descoperirea centrului, nu s-a mai întâmplat niciodată într-un reactor mare, de peste 750 mw (măsurarea unui an într-un reactor adună numărul anilor în care fiecare reactor a operat. Pentru reactoarele de aproximativ 1.000 mw, cea mai apropiată comparative era estimată la doar 35 de ani de existenţă). Credinţa în soluţia B în locul lui A (sau atribuirea lui A a unui character temporar) a fost la scurt timp confirmatăpresiunea a căzut în sistemul de presiune după ce HPI a fost redus, Anomaliile au fost luate în considerare rapid. Din moment ce lumina arăta că PORV s-a închis, declinul presiunii din centru ar putea fi cauzat de „şocul rece", sau ar putea fi un afişaj greşit. Au mai existat afişaje greşite în trecut, temperature vasului de scurgere fiind un exemplu.

În plus, în acest moment, cam 4 sau 5 minute în accident-o altă problemă presantă a fost ridicată. Pompele reactorului cu lichid de răcire care au pornit tremurând. Puteau fi auzite şi simţite de departe din camera de control. E pisibil să fi cedeze violentei la care erau expuse? Sau ar fi trebuit închise? S-a decis închiderea lor. (Putea fi, sau ar fi trebuit să fie, un semn al pericolelor ce urmau din moment ce se forma o „cavitate! – nu era privit suficient lichid de răcire ca să funcţioneze corect).

În camera de control se auzeau 3 alarme, şi multe dintre cele 1600 de lumini clipeau. (mici pătrate de plastic cu un cod numeric sau litere pe ele). Operatorii nu au închis alarma principală pentru că ar fi anulat o parte dintre luminile de avertizare. Computerul începuse să funcţioneze în urma orarului; de fapt au durat câteva ore înainte ca mesajul că ceva ar fi în neregulă cu PORV să fie în sfârşit printat. Alarmele de radiaţie începeau să pornească. Camera de control era asaltată de experţi; până la urmă s-au adunat cam 40 e oameni acolo. Telefoanele sunau constant, cerând informaţii pe care operatorii nu le aveau.

Tura a fost schimbată după 2 ore şi 20 de minute de la începerea accidentului. Raportul este neclar, dar fie un supervisor a noiituri a decis să verifice PORV, fie un expert discutând cu supervizorul la telefon întreba de starea acestuia şi operatorii au descoperit supapa blocată, închizând altă supapă pentru a opri inundaţia spre PORV. Operatorul a mărturisit la Comisia Kemeny că a fost mai mult un act de disperare să închidă supapa decât un act de înţelegere. Până la urmă, nu blochezi în mod normal un sistem de siguranţă. S-au produs pagube incredibile, cu părţi substanţiale din centru care s-au topit, dar a mai rămas deschis încă 30 de minute, iar HPI a rămas la putere slabă, pentru că probabil s-ar fi produs o topire completă, materialul care fuziona ameninţând să declanşeze contaminarea.

Dar accidentul nu era nici pe departe încheiat. Noi pericole apăreau la câteva ore. La 33 de ore în accident a intervenit o neaşteptată şi misterioasă interacţiune. Confuzia era stăpână când a apărut primul semn al faimoasei bule de hidrogen; bula ameninţa integritatea centralei pentru următoarele zile. Din nou regăsim o lecţie în semnificaţia ameninţărilor, şi în dificultatea pe care o au până şi experţii în înţelegerea unui sistem om-maşină atât de complex ca o centrală nucleară. Aceasta este schema:

Conductele de combustibil36, 816 la număr-conţin uraniu pur în mici pastille, toate aşezate în linie, precum hârtia de ţigară în jurul tabacului, pe o lungime de cam 6 metri. Apa circula prin grămezi de conducte şi le răceşte ca să nu ardă prea repede. Când se încălzesc prea tare, aliniamentul poate intra în reacţie cu apa. Aceasta consumă oxygen, ceea ce poate forma mici pachete de hidrogen dacă există loc, şi o explozie dacă există puţin oxygen şi o scânteie.

Acesta nu este un aspect foarte bine înţeles al ingineriei nucleare. Cu 3 ani înainte de accident, când un fizician nuclear din Universitatea Pittsburgh a menţionat pericolul în Jurnalul Omului de Ştiinţă Atomic, un alt fizician nuclear a scris că problema a fost bine studiată şi nu există niciun pericol. Am putea pune această ceartă pe seama rivalităţii clasice dintre 2 şcoli şi să o considerăm insignifiantă însă cel de-al doilea autor se afla printe experţii consilieri de la TMI. După aceea Preşedintele TMI Reafan l-a nimit Şef al Comisiei de Reglementare Nucleară. Contrar pronosticurilor indistriei, încă mai există ceva mister legat de centralele atomice, şi a fost un caz nefericit, din moment ce a durat ore sau zile (depinde în ce mărturie credem) până să fie observată bula de către experţi. Aşadar, operatorii ar putea fi iertaţi pentru ignorarea unui alt semnal că ceva era foarte greşit, ignorarea „ţepuşei".

Iată cum a intervenit avertizarea. La ora 13.00, miercuri, la 33 de ore în accident, s-a auzit o uşoară dar dinstintă bubuitură în camera de control. Nu este ceea ce te aştepţi sau ceea ce vrei să auzi. O scurtă privire arată că afişajul cantităţii de presiune din clădirea conteinerelorclădirea care tine însuşi centrul şi sistemul de presiune, vasul de scurgere, ţevile, conexiule electrice şi aşa mai de partea sărit brusc. De fapt, ţinta presiunii depăşise jumătate din limita clădirii (dacă presiunea ar fi fost de 2 ori mai mare, clădirea ar fi crăpat). Aici povestea devine dubioasă. Operatorul, intervievat de Preşedintele Comisiei, a spus „La momentul respective am trecut-o ca ciudăţenie a instrumentului", continuând, „deoarece creştea cu o asemenea rapiditate.

Dar o altă poveste spune că cineva de la parter-erau cam 20 de oameni acolo-ştia că avusese loc o explozie a hidrogenului. Fiindu-i teamă că ar putea să mai apară un pachet de gaz care să fie atins de o scânteie, a rugat un alt operator să nu pornească o pompă care a cedat. Operatorul i-a răspuns „Deja am făcut asta". Pompele au motor, sunt mari şi produc scântei. Aceasta înseamnă, a spus primul tip, că nu mai avem mult hidrogen. Asta deoarece ştia că se produsese deja o ardere a hidrogenului. Dacă această peste e adevărată, mulţi oameni au trecut prin restul zilei fără să ştie o informaţie preţioasă.

De ce să ne îngrijorăm? Pentru că producerea unei cantităţi mai mari de hidrogen, ar putea lăsa gazul să găsească o altă modalitate de a se strecura afară din centru şi să se colecteze în clădirea cu conteinere.

Pompele care tot porneau şi opreau altă activitate ar fi putut produce o scânteie cu uşurinţă, iar clădirea cu conteinere conţine oxigen. Dacă hidrogenul a reuşit să se aduna într-un punct aproape de echipament şi să explodeze acolo, forţa presiunii ar fi putut trimite schije în aer. Într-adevăr, după 3 ori au descoperit că pârghia imensă care scoate capacul vasului reactorului fusese stricată de schijele de la explozie; 2 ingineri au susţinut că pârghia nu era suficient de sigură şi au fost concediaţi. Chiar şi o mică explozie ar putea tăia un cablu sau două producând un mic circuit, închizând răcirea de siguranţă, sau ruperea unei ţevi, cauzând mai rapid LOCA şi aşa mai departe, deşi designul nu ţine cont de posibilitatea unui accident în care ţevile intră în peretele conteinerelor. Chiar după ce PORV a fost închis, formarea de hidrogen din vasul centrului este extrem de periculoasă, deoarece bula poate preveni scurgerea necesară pentru răcire. Hidrogenul nu va exploda acolo, dar nu trebuie să explodeze ca să fie periculos.

Cu o asemenea complexitate se formează accidentele normale. Pentru toţi operatorii, în afară de unul, probabil, şi pentru toţi experţii, indicatorul presiunii şi bula de hidrogen au fost de neînţeles. Pentru a înţelege accidentul, ar fi trebuit să ştie că centrul era serios descoperit, şi că reacţia apă-zircon era posibilă (o posibilitate disputată de un expert), şi ar fi trebuit să-şi amintească deschiderea PORV, dând voie hidrogenului să iasă din vasul centrului în clădirea care îl conţinea. Acestea nu erau secvente aşteotate în producerea sau în siguranţa sistemului; sunt multe erori care au interacţionat într-un mod incomprehensibil pentru toţi în afară de o persoană, care incredibil, nu discuta sau nu examina implicaţiile suspiciunii sale. O avertizare precum acul este eficientă numai dacă se potriveşte cu modelul nostru mintal asupra ceea ce se întâmplă. În ceea ce priveşte „avertizările" de la Pearl Harbour, pot fi înghiţite de o multitudine de semnale care să se potrivească aşteptărilor noastre, şi totuşi să fie desconsiderate drept „zgomote" în sistem.

Deocamdată atât despre accident. Ne vom întoarce la Harrisburg de câteva ori. Dar întâi trebuie să punem o întrebare care probabil vă deranjează: dacă este tipic unei centrale nucleare, de ce am avut un singur TMI? Sau a fost doar un măr stricat în butoiul nuclear? În următorul capitol voi încerca să demonstrez că TMI nu este neobişnuit, şi ca indică de ce a existat doar un asemenea caz. În capitolul 3, va trebui să examinăm limbajul şi să definim termini

majori precum complexitate, cuplare şi catastrofe. Astfel echipaţi, vom fi gata să călătorim prin alte sisteme explorând metode de prevenire a acestor accidente ameninţătoare cum a fost topirea TMI. De exemplu, nu ar ajuta o mai bună organizare, mai mulţi bani şi resurse pentru oameni şi echipamente mai bune? Nu foarte mult, şi voi argumenta.

Capitolul II

Puterea nucleară ca sistem de mare risc:

De ce nu am avut mai multe incidente precum cel de la TMI până acum?

De ce nu am avut mai multe incidente precum cel de la TMI (Three Miles Island)? Dacă puterea nucleară este atât de riscantă de ce nu a fost nimeni ucis de expunerea la radiaţii ca rezultat al accidentului centralei nucleare? Dacă sistemele de siguranţă au funcţionat până acum, timp de 20 de ani, de ce îl numim totuşi un domeniu de risc major? Un răspuns este acela că „protecţia în profunzime" a sistemelor de securitate a funcţionat, limitând cursul accidentelor. Ar trebui să analizăm aceste sisteme de siguranţă pe scurt. Dar un răspuns mai potrivit şi mai liniştitor este că noi pur şi simplu nu am acordat sistemului de putere nucleară o cantitate responsabilă de timp pentru a dezvălui potenţialul său. Noi nu avem cu adevărat 20 de ani de experienţă, ci foarte puţin, de cele mai multe standarde industriale, pentru a face o evaluare responsabilă a riscurilor.

Industria nucleară nu este de acord cu faptul că îi lipseşte experienţa. Deci, trebuie să călătorim în inima experienţei industriei, să aruncăm o privire îndeaproape asupra câtorva accidente serioase, câteva minore, probleme de reabilitare şi management, şi mai presus de toate, asupra caracteristicilor speciale ale sistemului puterii nucleare. Aceasta ne va oferi instrumentele necesare, sub forma ideilor sau conceptelor, pentru a intra, în capitolele viitoare în lumea altor sisteme de mare risc despre care cineva a decis că nu putem trăi fără ele.

Experienţa Tehnică

Nu am acordat suficient timp sistemului puterii nucleare pentru a se exprima în sine; şi decât doar ce am început să descoperim potenţialele pericole ce fac orice predicţie a riscului nesigură. Suntem de aproximativ 20 de ani în era funcţionării centralelor comerciale, dar experienţa noastră nu este toată cu un singur tip de uzina. Într-adevăr,

cea mai veche centrală în operare în 1982 era un reactor de 430 megawatti funcţionând mai mult sau mai puţin continuu din 1967. Nu mai construim această capacitate, aşadar cei şaisprezece ani de experienţă de funcţionare sunt într-un fel de valoare limitată.

Centralele mici în jur de 400 Mw sunt diferite sub multe considerente de cele mai mari în jur de 1.000 Mw; schimbările în gamă produc rezultate surprinzătoare. De exemplu, centralele mai mari par să fie mai puţin de încredere; timpul de inactivitate este mai crescut după primii 2 – 3 ani. Pe lângă mărime, există două tipuri diferite de reactoare, reactoarele cu apă presurizată (PWR) şi reactoarele cu apă fiartă (BWR). Experienţa acumulată cu unul dintre ele nu ne oferă neapărat posibilitatea de a judeca siguranţa celuilalt. Unele aspecte sunt asemănătoare, unele diferită. Pe lângă mărime şi categorie, există patru producători diferiţi. General Electric construieşte numai BWR-uri, în vreme ce Westinghouse, Babcock şi Wilcox, şi Combustion Engineering toţi construiesc PWR-uri. Designul diferă, bineînţeles, limitând acumularea de experienţă într-o anumită măsură.

Astfel, a spune, aşa cum partizanii puterii nucleare o fac adesea, că avem o experienţă de 500 de ani cu centralele comerciale este destul de amăgitor (greşit). Nu există niciun consens asupra a ceea ce ar însemna experienţa adecvată pentru un proces de transformare atât de complex şi novator cum este controlul fisiunilor nucleare crează vapori ce pun în mişcare turbinele; sunt sute de ani de experienţă de funcţionare a turbinelor mari, dar foarte puţină cu vapori nucleari. Construim vase mari sub presiune din secolul nouăsprezece, dar suntem doar la începutul procesului de învăţare al problemelor cu care vasele inoxidabile sudate de 1200 m înălţime care sunt bombardate cu neutroni. La fiecare câteva luni apar noi probleme în centralele nucleare, incluzând eşecul presupusului sistem de apărare împotriva căderilor (eşecurilor). La momentul TMI-ului aveam numai treizeci şi cinci de ani de experienţă cu reactoarele de mărimea unităţii 2; aceasta este o imaturitate pentru un sistem de mărimea şi complexitatea aceasta.

Prima cere pentru o centrală care nu era parţial un proiect demonstrativ a fost în 1963. Înainte de a fi pusă în funcţiune centrala dăduse startul în domeniu. Până la sfârşitul anului 1967 erau propuse 75 de centrale, 67 numai în anul 1966. Mai mult decât atât, până în 1968 au fost date comenzi pentru centrale de 6 ori mai mari decât cea

mai mare centrală funcţională la momentul respectiv. Această extindere, de la o dimensiune uzuală la o dimensiune de 6 ori mai mare este destul de neobişnuită pentru instalaţiile complexe.

Bupp şi Derain, creatorii istoriei producerii reactoarelor comerciale au consemnat: „generaţia curentului electric a fost o industrie ce opera după ideea ca extinderea pana la dublarea faţă de experienţele precedente era de fapt limita de risc admisă". Până în 1967 capacitatea de operare cumulată era de numai 3, 5% din capacitatea cerută măsura fiind luată în urma cumulării experienţei. De fapt nimeni nu ştia dacă cele 75 de centrale cerute urmau să intre în funcţiune vreodată. De asemenea nu se ştia care urmau să fie costurile construirii lor. Centralele finalizate în 1975 aveau preţul pe kilowatt produs de 3 ori mai mare decât cele finalizate cu numai 5 ani în urmă. „Ideea de scădere a costului iniţial nu s-a prea aplicat în branşa energiei nucleare. Contrar declaraţiilor celor din această industrie confiorm cărora costurile reactoarelor ar fi urmat să se stabilizeze, şi că se puteau afla lucruri pe măsură ce avansau în lucru iar costurile de producţie ar fi urmat să scadă, s-a întâmplat exact contrariul".

Principiul descoperirii tehnice a acestor centrale (numite şi centrale de „apă uşor") a eşuat potrivit studiului citat mai sus. „După mai mult de un deceniu de experienţă cu centralele nucleare de apă uşoară încă aveau loc importante modificări în inginerie şi design. Acest lucru este în contradicţie cu majoritatea lucrărilor industriale complexe". După 10 ani de experienţă, problemele sistemelor ar trebui să fi fost deja depăşite, lucru care nu s-a întâmplat şi în acest caz. Motivul presupus de către autori este graba cu care au fost comandate proiecte neverificate, şi refuzul insistent de a „se confrunta cu efectele complexităţii tehnice ale proiectului care au persistat chiar şi după ce prima centrală prototip a fost creată la sfârşitul anilor '50". În industria utilităţilor s-a înregistrat unul dintre cele mai mari progrese din economia postbelica a Statelor Unite. Producţia de energie se dubla la fiecare 9 sau 10 ani iar costurile de operare scădeau treptat, în mare parte datorită progresului tehnologic. Costurile de generare scădeau pe măsură ce dimensiunile centralelor termoelectrice creşteau iar eficienţa operării îşi continua evoluţia. Aceasta nu era o industrie stagnantă din punct de vedere tehnologic, dar era totuşi nepregătită pentru complexităţile tehnologice ale fuziunii controlate. Noi

complexităţi interveneau aproape lunar. În timp, se pare că problemele pentru care TMI era un precursor urmau a se desfăşura în mai multe TMI-uri.

Spre exemplu, generatoarele pe aburi reprezintă o problemă la toate centralele, ţevile ruginind. În centralele nucleare se acordă o atenţie sporita materialelor folosite la mentenanţă, dar totuşi, în 1981 s-a descoperit ca 17 reactoare, unele de numai 5 – 6 ani vechime, aveau probleme majore cu rugina. Reparaţiile la 2 centrale deţinute de către Virginia Electric Power Company au însumat 112 milioane de dolari. Rugina este o problemă majoră în centralele nucleare, tuburile subţiri din generatoare fiind mereu în contact cu apa, scurgerile permiţând apei radioactive să ajungă în sistemul secundar de răcire (neradioactiv). Numeroase măsuri au fost luate pentru a reduce nivelul de rugină, dar se pare că în unele centrale au fost în zadar. În concluzie, într-o centrală nucleară, scurgerile din generator sunt defecţiuni care interacţionând cu alte defecţiuni pot duce la accidente de sistem, reparaţiile la un asemenea sistem fiind mult prea scumpe (în comparaţie cu o centrală electrică convenţională) fiind imposibilă anticiparea problemelor într-o tehnologie nouă, complexă şi cu timp mare de producţie.

O problemă mai serioasă este cea a rezistenţei materialelor. Bombardamentul vaslor rezultat din reacţiile nucleare ce au loc înăuntru are un impact mai mare decât cel anticipat. Vasul din oţel inoxidabil de 15 metri a fost proiectat să reziste 40 de ani, dar deja există posibilitatea unor fisuri cauzate de rigiditatea materialelor în 47 de centrale în anul 1981, fapt semnalat de către o comisie de control nuclear, iar dintre acestea 13 aveau probleme serioase, unul dintre ele având numai 3 ani vechime iar altele 3 numai 4 ani. Problema este temperatura conţinutului care ajunge până la 300 ş C, iar în cazul unei urgenţe în care trebuie răcit vasul cu mii de litri de ap rece, interiorul vasului de 12 cm grosime se va contracta mai repede decât extreriorul, creând posibilitatea fisurilor. În caz de accident, presiunea trebuie menţinută ridicată. Aceste probleme apar numai la reactoarele răcite cu apă sub presiune, care constituie 2 treimi din reactoarele active.

Acestea sunt motivele tehnice pentru care nu s-a ajuns încă la un accident nuclear de proporţii – sistemul este destul de nou, neavând timp să îşi dezvăluie potenţialul distructiv. Pericolele necunoscute nu pot fi corectate decât prin asumarea riscului generat

de funcţionarea reactoarelor. Fără experienţă nu o să ştim niciodată adevăratul potenţial distructiv generat de caracteristicile sistemului.

Problema Construcţiei

Sunt alte probleme care nu se referă direct la natura tehnologică a sistemului, ci mai degrabă la natura utilităţii şi industriei construcţiilor. Multe săptămâni după TMI, NRC-ul (Nuclear Regulatory Commission) relata asupra unui studiu continuu despre demersurile în caz de cutremur în centralele în funcţiune. În acel moment au fost identificate treizeci şi cinci de centrale cu diferenţe semnificative între felul cum erau concepute şi felul cum au fost construite. Aceasta a ridicat întrebări cu privire la „întreaga procedură de verificare a centralelor", declara un oficial NRC. Din moment ce există doar un inginer de la NRC, care să supravegheze fiecare centrală în construcţie, este „aproape întreaga încredere privind utilitatea şi asupra contractorului ei să monitorizeze el însuşi şi să raporteze abaterile de la standardele acceptabile", spunea raportul unui birou general de evidenţă de anul trecut. În mod normal se consideră că ne putem baza pe centralele construite de companiile private atâta timp cât ele nu sunt deţinute de către guvern, dar au apărut destule zvonuri care pun la îndoiala faptul că ar putea cineva construi centrale nucleare sigure.

Spre exemplu, la construirea centralei Marble Hill în Madison, Indiana atât muncitorii implicaţi în construcţie cât şi foşti muncitori au alertat NRC că, aşa cum a fost relatat de John Emshwiller în articolul sau din *Wall Street Journal*, „constructorii nu reuşesc să se descurce cu turnarea betonului". La momentul acela, 500 de goluri (aproximativ 50 de metri cubi) au fost găsite în structura de beton. Muncitorii au fost nevoiţi să efectueze lucrări de cosmetizare pentru a trece de inspecţii. La o altă centrală, firma de construcţii Brown and Root a fost acuzată de intimidarea inspectorilor, un inspector ajungând în spital pentru 2 zile. NRC a fost informat de falsificarea documentelor cu privire la inspecţia unui ststem de siguranţă la o centrală din vest, dar potrivită unui administrator de la NRC aceste informaţii au fost ignorate. Trei luni mai târziu, doi lucrători au făcut publice acele documente iar NRC s-a angajat să investigheze situaţia.

Probabil cel mai şocant caz de lipsă a siguranţei construcţiilor în acest domeniu este cazul Diablo Canyon. Această centrală din inima Californiei a aşteptat ani de zile aprobarea pentru a fi pusă în funcţiune. După ce construcţia a fost terminată un cutremur a avut loc

în apropiere şi a fost necesară împunerea unor norme de siguranţă în caz de cutremure. Cu aproximativ o săptămână înainte de a fi pusă în funcţiune centrala (după proteste insistente ale unor grupări anti-nucleare şi ale localnicilor ce au avut ca urmare arestarea a 1600 de oameni) un inginer în vârstă de 25 de ani de la Pacific Gas and Electric Co., deţinătorii Diablo Canyon, se uita la nişte schiţe ale unei aripi a centralei. Schiţele împărţeau podeaua clădiri containerului în 5 segmente şi indica locaţia unor echipamente grele (sisteme de ventilaţie). Ceva i se părea în neregulă la acele schiţe. „Din simplă curiozitate am scos din dosar nişte schiţe detaliate ale locaţiilor acelor ventilatoare, iar cele două diagrame nu se potriveau. Ceva nu avea sens". A insistat să precizeze că nu căuta greşeli, descoperirea sa a fost pur întâmplătoare.

Ce a descoperit el în 1977 a fost faptul că firma trimisese un alt set de diagrame consultanţilor seismici care urmau să efectueze calculele pentru a vedea punctele vulnerabile ce trebuiau consolidate. Ei trimiseseră în schimb schiţele unui alt reactor, încă în construcţie. Lucrările fuseseră deja efectuale iar unele puncte fuseseră consolidate inutil iar altele care aveau nevoie de lucrări fuseseră lăsate neatinse. Investigaţiile ce au urmat au găsit nu mai puţin de 111 alte erori în construcţia acestui reactor în valoare de 2.5 miliarde de dolari, care până la sfârşitul anului 1982 încă nu era funcţional.

Ca în orice domeniu aici ne putem lovi de o grămadă de probleme. În mod normal, consecinţele nu sunt catrastofice, dar ar putea deveni în cazul construirii sistemelor cu potenţial catastrofic. Un fost decan la colegiul de inginerie din Universitatea de Stat Pennsylvania, proiectant de reactoare numit în funcţie în comitetul de conducere NRC în 1981 spunea în luna decembrie a acelui an:

„În cele 5 luni de când sunt în comitetul de conducere NRC mai multe deficienţe la unele centrale mi-au fost aduse în atenţie, ceea ce denotă o lipsă surprinzătoare de profesionalism în construirea şi pregătirea pentru intrarea în funcţiune a centralelor nucleare. Responsabil pentru aceste deficienţe este managementul centralelor… S-au întâlnit probleme de toate tipurile – analiza schemelor care a dus la diverse erori de construcţie, construcţia deficitară şi personal necalificat pentru operarea cu reactoarele nucleare".

Planuri mai Sigure?

Dacă centralele nu sunt construite corect, iar experienţa nu este

suficientă pentru a asigura un plan şi echipamente care să ne confere siguranţă putem apela la planuri mai sigure? Există planuri mai sigure? Aparent există, însă nu este de competenţa mea să spun asta cu certitudine. Reactorul canadian, CANDO, se presupune a fi mai lent şi mai puţin „agresiv" decât reactoarele pe abur. Deşi asta le oferă operatorilor mai mult timp pentru a interveni, nu a evitat unele accidente nucleare în Canada – accidente nu la fel de grave ca în alte state.

Unii ingineri consideră că trebuia să ne concentrăm pe construirea reactoarelor răcite cu gaz, considerate a fi mai sigure. Un astfel de ractor, comercial, de dimensiuni reduse a fost construit, însă în pofida utilităţii sale a fost închis – Pennsylvania Electric – indicând faptul că nu se exclude construirea altor reactoare cu răcire pe gaz, marele lor avantaj fiind nivelul ridicat de siguranţă. Un al doilea reactor de acest gen şi-a început lucrul într-o altă centrală. Un ractor cu răcire pe sodiu funcţionează în Franţa iar un al doilea, de dimensiuni mult mai mari este construit acolo. Acestea produc mai mult combustibil decât utilizează, fiind destul de util luând în vedere că rezerva mondială de uraniu este limitată. Totuşi, tehnologia reactoarelor răcite cu sodiu este foarte nouă iar unii consideră că pericolul generat de sodiul radioactiv este mai mare decât cel în cazul reactoarelor care utilizează apa. De aceasta problema ne vom lovi mai târziu în capitolul în care vom examina situaţia reactorului Fermi. Acest reactor are la bază un alt design, însă nu există dovezi concrete că ar fi mai puţin complex şi interactiv decât cele bazate pe apă asupra cărora ne concentrăm.

Motivul pentru care planurile dominante, cele ale reactoarelor pe apă uşoara presurizată, au fost alese, cu toate că reactoarele pe apă grea (CANDO), cele cu răcire pe gaz sau alte designuri pot fi mai eficiente, este unul întemeiat. În anii ’50 guvernul Statelor Unite avea tendinţa de a căuta o utilitate paşnică a energiei atomice, mai exact producţia de energie atomică. Motivul pentru care guvernul a procedat astfel este încă neclar, dar cu siguranţă nu era o eventuală criză de energie sau o creştere a costurilor de producţie a energiei. De fapt, preţul scăzut al petrolului împingea către nord-est micile hidrocentrale. Guvernul a trebuit să motiveze intens centralele particulare, iar când metodele convenţionale nu au funcţionat au trecut la ameninţarea cu ideea energiei socializate – centrale nucleare

federale pe modelul TVA în toată ţara – pentru ca acestea să le construiască. Guvernul deţinea un singur proiect de ractor, creat pentru submarine. Un astfel de reactor este compact, timp de răspuns scurt şi poate fi uşor reîncărcat o dată la un an când submarinul staţionează în port şi nu trebuie să utilizeze energie.

Niciuna dintre aceste caracteristici nu avea aplicabilitate la o centrală utilitară. Pentru acestea, dimensiunea, timpul de răspuns şi ciclul de realimentare intrau în conflict cu productivitatea. O companie nu doreşte să închidă centrala o dată pe an pentru realimentare, pentru că energia utilizată în acest timp trebuie cumpărata, şi luând în vedere că trebuie achiziţionată din surse mai puţin productive preţul acesteia este destul de ridicat. Dimensiunile reduse nu sunt deloc necesare pentru o astfel de centrală, iar timpul scurt de răspuns nu reprezintă un avantaj, aceste centrale neavând fluctuaţii în timpul funcţionării, ele lucrând constant şi nefiind nevoie să urce în sarcină sau să se răcească într-un timp redus. Firmele care au produs şi comercializat centrale nucleare au folosit planurile pentru submarine dar le-au modificat şi adus la un nivel mult mai mare. Producţia acestora a fost o afacere în care mulţi s-au grăbit să intre. Primele centrale au fost vândute cu pierderi substanţiale pentru a se instala pe piaţă. Atunci s-a observat cum această tehnologie a fost practic împinsă în producţie, apariţia ei nefiind cauzată de cerere. Astfel s-a obţinut designul actual care este capabil să fie redimensionatat la o scară mai mare fără complicaţii grave.

Chiar şi în cazul unei evoluţii tehnologice şi obţinerii unui design mai sigur este foarte puţin probabil ca acesta să fie pus în practică în Statele Unite în următorii 10 – 20 de ani. Potrivit declaraţiilor NRC la momentul actual SUA deţine 70 de reactoare active şi cel mai probabil încă 50 vor începe lucrul în următorii ani (în cazul în care ritmul anulării acestora creşte). Nici cei mai optimişti din domeniu nu anticipează un număr mai mare de 120 de reactoare active în următorii 50 de ani. Un nou design nu ar atrage prea mult interes în comunitatea finainciară; utilităţile confruntându-se în general cu un exces de producţie datorat creşterii lente a cererii de electricitate. Chiar şi aşa ar fi nevoie de aproximativ 10 ani pentru a proiecta şi construi noi facilităţi, fie ele mult mai puţin complexe decât cele existente la momentul actual. Se pare că va trebui să ne mulţumim cu centralele existente, fie ele sigure sau nu, altele noi, cu mult mai

sigure nu sunt în plan, şi probabil nici nu o să fie pe viitor. Nu se exclude posibilitatea apariţiei unei centrale mult mai interactivă şi eficientă, însă un lucru este sigur, o astfel de centrală poate apărea numai peste foarte mulţi ani, iar centralele existente şi cele care sunt în producţie vor domina mulţi ani, poate 40 chiar dacă vor rezista cum este prezis de către industria producătoare.

Securizarea în Profunzime

Există totuşi un alt răspuns la întrebarea iniţială a acestui capitol: de ce nu au avut loc mai multe accidente precum cel de la TMI dacă aceste sisteme sunt atât de periculoase? Până acum am considerat că nu li s-a acordat destul timp. Erorile de proiectare şi de construcţie nu vor ieşi la suprafaţă imediat şi nu în orice reactor. Dar nu este oare posibil ca securizarea în profunzime să funcţioneze – containerele menţin conţinutul; sistemul de răcire în cazul de urgenţă răceşte; şi chiar dacă exitstă scurgeri neanticipate de materie radioactivă, centralele sunt suficient de departe de zonele populate pentru a reduce riscul la dimensiuni minime? Se pare că da, însă situaţia nu stă chiar aşa, pentru că posibilitatea ca erorile sistemului să depăşească aceste securizări încă există.

În primul rând trebuie să apreciem faptul că avem clădirile containerelor. Aceste incinte din beton care acoperă vasul reactorului şi alte puncte cheie ale sistemului sunt menţinute la presiuni negative – adică la o presiune a aerului mai joasă decât cea atmosferică – astfel încât în cazul unei fisuri aerul curat va fi tras înăuntru iar aerul radioactiv nu va părăsi incinta. Uniunea Sovietică, ce nu îşi începuse programul de generare a energiei nucleare până în anii ’70 acorda mai puţină atenţie riscului accidentelor de proporţii, neconstruind structuri de protecţie pentru reactoare şi neavând sisteme de răcire în caz de urgenţă. Dacă accidentul de la Three Mile Island ar fi avut loc într-o centrală din apropierea Moscovei ar fi expus personalul la doze letale şi ar fi iradiat o mare parte a populaţiei.

La TMI, explozia hidrogenului care a avut loc în clădirea ce izola reactorul a generat un plus de presiune care reprezenta numai jumătate din cât fusese proiectată clădirea să reziste. Clădirea fusese construită la un nivel mare de siguranţă deoarece conducerea statului Pennsylvania a insistat ca acesta să poată rezista atacului unui avion de vânătoare (centrala aflându-se în apropierea aeroportului Harrisburg). Planurile iniţiale nu includeau o astfel de măsura. Chiar şi

în cazul în care incinta nu fusese consolidată este puţin probabil ca arderea hidrogenului să fi fisurat pereţii şi să fi permis particulelor radioactive să fie eliberate în atmosfera; explozia ar fi putut avea loc 30 de minute mai târziu, când ar fi fost mai mult hidrogen care să ardă, şi ar fi putut avea loc într-o altă zona unde stratul avea mai multe penetrări necesare pentru diverse conducte. Ivelişul izolator este deci necesar, însă nu suficient, pana şi acesta poate fi pătruns.

În 1971 rezistenţa incintei a fost pusă la încercare de prăbuşirea unui avion. Un bombardier B-52 efectua un zbor de rutină undeva lângă Charlevoix, Michigan, pe malul lacului Michigan. Bombardierele şi avioanele de luptă de la o bază militară din apropiere efectuau zborurile de rutina la altitudini mici (300 m) zburând totuşi deasupra centralei, în ciuda instrucţiunilor de a evita acea zonă. Bombardierul în cauza se îndrepta direct spre reactor la prăbuşire, şi nu înspre suprafaţa lacului, urmarea fiind o explozie a cărei flacără s-a ridicat până la 200 de metri în aer. Un oficial de la baza aeriană Grumman a declarat că este posibil să fi interacăionat cu gaze radioactive care au dereglat aparatura de la bord. Avionul era foarte aproape de a lovi centrala şi incinta de testare.

Din fericire centralele sunt construite în zone nepopulate, chiar dacă în general sunt plasate în apropierea marelor oraşe. Un loc ideal pentru o astfel de centrală practic nu există. Ele ar trebui să fie cât mai departe de concentraţiile de populaţie pentru a evita catastrofele, însă nici prea departe din motive de comunicare şi transport; trebuie să fie lângă o rezervă mare de apă, însă în astfel de locuri sunt şi majoritatea aşezărilor; trebuie să fie cât mai departe de zone de risc seismic, însă aceste zone sunt tot în apropierea coastelor sau a râurilor; trebuie să fie cât mai departe de zonele agricole, dar asta ar însemna să le îndepărtăm de zonele care necesită energia generată de acestea. În consecinţă majoritatea centralelor au fost poziţionate în apropierea zonelor populate, dar în zonele industriale şi agricole din împrejurimi.

Centralele nucleare Indian Point sunt situate pe fluviul Hudson, la numai 35 de mile de Manhattan. Compania deţinătoare a uneia dintre centralele de acolo, Consolidated Edison, a propus chiar construirea unei centralele în mijlocul cartierului Queens – una dintre cele mai aglomerate zone ale Statelor Unite. Unele centrale sunt construite pe zonele de coastă cu risc seismic, altele pe malul râurilor care asigura rezerva de apă a marilor oraşe sau sunt folosite pentru

irigaţii. Există chiar ideea creării unor parcuri izolate pentru mai multe centrale, cu linii de comunicare mai lungi pentru zonele populate, însă un accident într-un astfel de parc ar fi dus la abandonarea tuturor centralelor din componenţa sa şi ar fi putut avea ca urmare alte accidente.

În ciuda problemelor care pot apărea, plasarea centralelor a oferit un plus de siguranţă populaţiei. Dacă ar fi fost construite centrale in Queens efectele pe termen lung ar fi putut fi devastatoare. Mai mult decât atât, deşi mulţi experţi consideră insignifiant, centralele elimină în atmosferă materie radioactivă în operaţiile de rutină, aşa că distanţa faţa de populaţie trebuie păstrată.

Un alt element de siguranţă este sistemul de răcire în caz de urgenţă (Emergency Core Cooling Sistem – ECCS). În cazul în care materia este în pericol să se topească acest sistem inundă instalaţia cu apă, răcind-o. Din păcate nu se poate efectua un experiment la scară mare pentru a testa eficienţa ECCS. După o serie de teste cu un reactor de 30 cm acesta s-a dovedit ineficient. Unii critici, cum ar fi Union of Concerned Scientists consideră ECCS ca fiind inutil constituit astfel. La centrala nucleară Browns Ferry, din cazul incendiului care a închis 2 reactoare şi a ars incontrolabil câteva ore a reieşit că sistemul ECCS nu a fost operativ. Cazurile în care este necesară intervenţia ECCS pot cauza probleme mult mai complexe care să determine sistemul de răcire să nu îşi îndeplinească funcţia. Generatoarele de abur constituie o problemă constantă în centralele nucleare, iar dacă tuburile din componenţa lor ar ceda în caz de accident asta ar duce la nefuncţionarea ECCS. Probleme pot apărea şi la alte componente majore, chiar şi vasul reactorului prezintă un risc destul de important.

Cu siguranţă ar trebui să ne bucurăm că incintele izolatorare, poziţionarea cât şi sistemele adiţionale de siguranţă au redus semnificativ riscul accidentelor. Fără îndoială am fi avut accidente mult mai grave fără aceşti factori, însă este puţin probabil să putem preveni toate viitoarele dezastre. Poziţionarea nu este ideală, incintele sunt vulnerabile la exploziile de hidrogen, proiectile sau erori de construcţie; iar sistemele de siguranţă suplimentare cum ar fi ECCS se dovedesc deseori depăşite de situaţie.

Evenimente Minore în Sisteme Majore

Nimic nu este perfect; orice element al oricărui sistem, industrial sau nu, poate întâmpina probleme. Întreprinderile comune

întâmpina destul de multe eşecuri în funcţionare. Cele mari şi complexe cum ar fi cele chimice, farmaceutice sau de prelucrare a metalelor nu fac excepţie. Cu cât mai complicată şi strâns legată uzina cu atât mai multă atenţie este acordată evitării problemelor, dar aşa cum urmează să relatez în următorul capitol, niciodată nu este este suficient. Dacă prezintă potenţial catastrofic, ca în cazul centralelor nucleare, micile probleme de funcţionare de zi cu zi nu trebuie trecute cu vederea. Acum ele devin importante. Ce urmează să relatez în aceasta secţiune nu ar constitui un subiect pentru un articol nici măcar în publicaţiile întreprinderilor, dacă nu ar fi avut loc în centrale nucleare. De fapt abia după accidentul de la TMI au ajuns aceste incidente titluri de articole în ziare.

Întreprinderile consideră deranjante intervenţiile presei, însă ce ar trebui considerat deranjant este numărul mare de probleme minore în sistemele majore. Pentru început ne vom lega de nişte probleme minore pentru ca mai apoi să continuăm cu câteva accidente cunoscute. Trebuie reţinut faptul că probleme de acest gen se regăsesc în majoritatea întreprinderilor aşa că nu ar trebui să fim surprinşi că au loc şi în centralele nucleare.

Să începem cu un eveniment care ne-a tulburat pe toţi. În 1980 un angajat al centralei North Anna Nr. 1 aparţinând VEPCO, curăţa podeaua într-o clădire anexă. Cămaşa lui a agăţat un mâner de 10 cm de la un panou electric ce ieşea din perete. El a mişcat astfel întrerupătorul, aparent inconştient de faptul că a activat panoul. Astfel a oprit curentul la sistemul de control iar reactorul s-a blocat automat. Acest incident minor a determinat închiderea reactorului pentru 4 zile, fapt ce a cauzat pierderi de sute de mii de dolari. Din fericire, vremea era plăcută deci cererea de energie nu era prea mare. Vice-preşedintele executiv VEPCO a catalogat accidentul ca fiind jenant, însă a rezultat o concluzie importantă: accidentul „demonstrează clar senzibilitatea sistemelor din centralele nucleare la cea mai mică deviere de la cursul normal şi abilitatea acestor sisteme de a acţiona imediat prin oprirea unităţii". Oprirea curentului la un sistem major de siguranţă nu este deloc o mică deviere, iar faptul că este considerată astfel denotă o oarecare indiferenţă.

Sistemul de conducte reprezintă o problemă în orice uzină. Într-o centrală nucleară această problemă este ceva mai gravă. În timpul accidentului de la TMI operatorii au direcţionat apa radioactivă

în locaţii greşite, cauza fiind complexitatea sistemului de conducte şi presiunile care au inversat sensul de curgere. La o centrală o eroare minoră a determinat eliberarea apei radioactive în sistemul de apă potabilă al fântânilor!

Scoicile sunt o altă problemă. Filtrele utilizate pentru apa din râuri sau golfuri folosită pentru răcire nu îndepărtează larvele scoicilor care reuşesc să ajungă în reţeaua de conducte şi să se reproducă. Prin urmare conductele vor fi înfundate de miile de scoici din interiorul acestora. O centrală din Arkansas a stat închisă o săptămână pentru înlăturarea scoicilor. Această problemă este întâlnită şi la alte uzine, însă oprirea şi repunea lor în funcţiune nu prezintă un pericol.

Chiar şi schimbarea unui bec prezintă pericole sistem complex, înalt mecanizat. În 1978 un muncitor care schimba un bec într-un un panou de control la reactorul Rancho Seco 1 în Clay Station, a aruncat becul. S-a creat un scurtcircuit în unii senzori şi comenzi. Din fericire, comenzile scram ale reactorului nu se aflau printre acestea afectate, şi reactorul scrammed automat. Dar pierderea unor senzori a însemnat că operatorii nu au putut să determine starea instalaţiilor, şi acolo a avut loc o răcire rapidă a părţii centrale. Cum am observat deja în mod normal temperatura vasului reactorului este de 550^0F. Într-o oră a scăzut la 280^0. Mai reci, pereţii interiori au încercat să se micşoreze dărmai fierbinţi, pereţii exteriori nu au permis micşorarea. Aceasta a determinat puternice tensiuni în partea centrală. Între timp, pentru a preveni topirea bielelor pentru combustibil, presiunea internă trebuia să rămână ridicată-2200 livre pe metru pătratân timp ce temperatura trebuia să scadă. La temperatura mai mică de 280^0F puterea vaselor este redusă, dar presiunea rămâne ridicată. Această răcire rapidă, care se poate solda cu presiune mare de injecţie, sau cu o pierdere de instrumentaţie şi control, nu a afectat în acest caz partea centrală. Dar aceasta se datoreavă numai faptului că instalaţia fusese în funcţiune la putere maximă de mai puţin de trei ani. Un reprezentat al NRC spunea: „Dacă ar fi funcţionat de 10 – 15 ani la putere maximă, în loc de doi-trei, cum s-a întâmplat acel vas se putea sparge”. Un vas şpar tar fi avut ca rezultat o pierdere a lichidului de răcire şi la topire. Niciun sistem de alarmă nu ar fi putut să răcească partea centrală.

Secţiune 1.01 Informaţiile despre această problemă, după Three Mile Island, ar trebui să conducă la extrasupraveghere. Ar trebui să

învăţăm din experienţă. Raportul nu a fost încurajator. Instalaţia nuclear Indian Point nnumarul 2, aflată la 35 de mile de New York avusese problem cu nişte crăpături în unitatea de răcire pentru un timp. La începutul lui octombrie, 1980 o luminiţă s-a aprins, avertizând asupra unei temperature crescute a apei şi a rămas aprinsă pentru mai multe zile. Indicatorul luminous a fost considerat el însăşi defect. Dar apa se infiltra de fapt în clădire din unitatea de răcire. Până la urmă 100.000 galoane ar fi fost adunate, acoperind primii 2.7432 m ai reactorului cu apă sărată, rece şi amară din râul Hudson. Un dispozitiv de siguranţă, nu a detectat apa, deoarece fusese proiectat să detecteze apa caldă, nu rece.

Secţiune 1.02 A fost primit un semnal de avertizare, indicând o fluctuaţie de putere a reactorului. Probabil nu se referea la scurgerea de apă. Operatorii au redus puterea şi au verificat. Nimic nu părea în neregulă aşa că au considerat avertismentul eronat (posibil să fi fost, sunt obişnuite). Dar pentru a trece la putere maximă din nou era necesară o modificare a unui governor. A fost făcută prea repede şi întregul reactor s-a închis automat. A fost nevoie ca operatorii să intre în clădire înainte să îl repornească. Ei au descoperit atunci suprafeţe acoperite cu 2.7432 m de apă. Cele două pompe care trebuiau să fi îndepărtat apa erau ambele inoperative.

Secţiune 1.03 Nu ar trebui să fim consternaţi. Acestea sunt doar problemele de rutină ale echipamentului industrial. Dar acest cay s-a produs într-o clădire în care se pătrunde greu şi care nu este vivitată decât pentru întreţinere. Supervizorul a repornit apoi reactorul de două ori fără să ţină cont de problemele create de scurgerile de apă. Din fericire un alt supervisor, care se întâmpla să fie liber în acea zi, a recunoscut pericolul şi a închis reactorul.

Secţiune 1.04 Toate acestea au avut loc într-o vineri, 17 octombrie, 1981, la ora 11 a.m. Contrar unei înţelegeri încheiate cu autoritaţiile federale şi statale, de a anunţa imediat ce aparre vreo problem, nimic nu a fost făcut până la ora 3: 20 după-amiaza. Un oficial a chemat inspectorul NRC, dar era vineri după-amiaza şi acesta era plecat. Inspectorul resident NRC s-a întors la muncă luni şi a găsit central închisă. A aşteptat până la 4: 20 până să informeze biroul regional NRC asupra problemei. Con Ed a mai aşteptat alte zile-cinci spuse până să informeze oficialităţile publice şi locale despre scurgere.

Secţiune 1.05 Deci aşa merge cu aceste organizaţii de protecţie

menite să ne salveze de dezastrele tehnologice. NRC a propus o amendă de 210.000 e pe care bineînţeles Con Ed a contestat-o. Pentru a înlocui energia pe lunga durată pe care central a fost închisă, central scumpe pe bavă de ulei au trebuit folosite cu un cost de 800.000 e pe zi pentru clienţii Con Ed. Plute blocate, becuri şi cămăşi sunt doar câteva dintre trivialitaţiile la care sistemul este vulnerabil.

Învăţând din propriile greşeli

Acelea au fost simple căderi sau opriri. Este timpul să intrăm în profunzimea accidentelor de uzină cărora nu li s-a acordat prea multă importanţă. NRC a scos un ziar numit „Siguranţa Nucleară". Unul dintre articolele de ziar obişnuite, este o compilaţie legată de întâmplări privind siguranţa, selectată de editor şi descrisă pe scurt. Deşi tehnic, ei furnizează fără oprire vraja care zăpăceşte, în timp ce descriu toate lucrurile care pot funcţiona rău în minunatele uzine. Aici este o scurtă relatare, nu foarte remarcată, dar care îţi va deschide apetitul. Nu încerca s-o urmăreşti foarte de aproape; notează doar căderile de echipament, a operatorilor şi a desenului, înainte ne întoarcem la comentariul editorului prin care incidentul arată cum industria a reuşit să dobândească recordul excelent de siguranţă.

Un reactor mic, primul BWR de la Golful Humboldt, din California (Pacific Gas and Electric) şi-a pierdut sursa de putere pe 17 iulie 1970 şi s-a oprit, aşa cum era proiectat. Puterea suplimentară de urgenţă s-a declanşat, dar nu a fost concepută să alimenteze cu putere anumiţi senzori care erau necesari. Presiunea reactorului a crescut, dar condensorul de urgenţă, care ar fi redus-o, nu s-a declanşat deoarece clapeta întrerupătorului s-a înţepenit între dispozitivele de ghidare, probabil ca rezultat a unei slabe setări pe o supapă. Operatorii ştiau că condensorul nu funcţiona, dar şi-au asumat faptul că supapa de siguranţă s-a deschis ca să reducă presiunea. În schimb, o altă supapă de siguranţă s-a deschis şi, datorită scăderii lichidului de răcire până la eliberarea lui, indicatorul nivelului scăzut al apei s-a declanşat. Aceasta, combinată cu scurgerea din alimentator şi creşterea presiunii din camera de colectare a apei de ploaie. Între timp, un cot de ţeavă s-a rupt din supapa de siguranţă a ţevii de evacuare. Supapele de evacuare au fost deschise pentru 4 minute înainte ca operatorii să le descopere. Nu a existat nicio indicaţie a vreunei rupturi, aşa că le-au închis. Apoi pompele de foc s-au declanşat automat, indicând o presiune excesivă în reactor, nivel scăzut al apei, presiune ridicată în camera de colectare

a apei de ploaie şi scăderea puterii la unele sisteme de siguranţă. Accidentul a fost cu succes controlat, dar presiunea din reactor a depăşit nivelurile de siguranţă; 24.000 pounds de apă din reactor a fost împinsă (eliminată afară din partea centrală) indică faptul că nivelul maxim al combustibilului creşte în punctul central unde există pericolul de a fi neacoperit. Acesta nu a fost în mod particular un accident remarcabil; sunt altele mult mai rele. Ceea ce e interesant este comentariul care îl precede, pe care îl citez:

„Industria nucleară nu este prea mult diferită de celelalte industrii. Lucrurile, într-adevăr merg rău, aşa cum sunt atestate de către aceste întâmplări privind siguranţa care sunt raportate în fiecare problemă a *Siguranţei Nucleare*. Chiar şi aşa, industria nucleară are un excelent record de siguranţă. Problemele alese pentru acest articol demonstrează cum acest record a fost atins. De exemplu, sistemele de siguranţă sunt proiectate cu reţineri care iau în calcul posibilitatea eşecului, operaţii pe care oamenii le privesc ca pe nişte anomalii şi le investighează repede, şi sarcinile de rutină funcţionează pentru a asigura că totul se derulează după cum a fost plănuit".

Este greu de crezut că autorul citeşte prietenos propriile articole cu privire la accidentul de la Humboldt Bay – sau oricare alte articole din *Siguranţa Nucleară*. În problema anterioară a ziarului, dizolvarea combustibilului a fost descrisă grafic (într-o uzină din Franţa); în problema mai sus amintită, găsim, printre altele, un raport despre o altă uzină în care, chiar şi după 7 luni de închidere pentru repararea ţevii care conduce lichidul de răcire primar, un motor important s-a defectat şi 63 de supape au funcţionat greşit – 35% dintre cele testate înainte de a porni. Pe un ton optimist ni s-a spus că „frecvenţa cu care sunt testate supapele va fi crescută şi o mai bună metodă de a purifica aerul utilizat pentru anumite operaţiuni cu supapele va fi studiată".

În următoarea problemă din *Siguranţa Nucleară*, după o discuţie despre nişte focuri şi alte probleme găsim următoarele: „O supapă de injectare a lichidului în partea centrală nu s-a închis şi apoi s-a descoperit că supapele cu injecţie pentru celelălalt sistem de pulverizare în partea centrală nu funcţiona nici el. De asemenea, supapele cu injectare de mică preisune a lichidului de răcire nu funcţionau corespunzător. În timp ce problema acestor supape era analizată una din cele 4 supape de control din turbina principală s-a

închis complet pe neaşteptate, în timp ce reactorul era la putere maximă". Şi astfel, *Siguranţa Nucleară* merge mai departe, problemă după problemă, scriind despre modul în care „recordul de siguranţă excelent… a fost menţinut", în pofida articolelor prezentate în paginile lui.

Dar în anul următor, o altă notă planificată s-a împotmolit. „2/3 dintre problemele discutate în acest articol sunt surprinzător de asemănătoare cu unele anterioare relatate în *Siguranţa Nucleară*, în speranţa şi cu aşteptările că noi toţi vom fi capabili să învăţăm din experienţa altora… Operatorii ar fi trebuit să îşi noteze detaliile acestor întâmplări pentru ca apoi să poată mult mai rapid să evite asemenea întâmplări în propriile uzine".

Următorul este un punct de vedere neobişnuit şi o relatare exactă a unui incident care are multe paralele cu tancurile petroliere din marină şi uzinele chimice. Din moment ce gazele sunt incolore, şi interacţiunea fină a presiunii, a temperaturii şi a acţiunile operatorului care nu pot fi pe deplin anticipate, aceste evenimente sunt nepermise în sistemele interactive de nivel înalt. În acest caz, după eveniment, două supape suplimentare şi câteva proceduri suplimentare au fost adăugate sistemului pentru a preveni repetarea întâmplării, dar şi nici atunci nimeni nu a crezut că se va produce pentru prima dată. De asemenea, se poate întâmpla, într-un mod un pic diferit, într-un alt loc al uzinei.

În timpul închiderii, personalul de serviciu a cerut ca apa demineralizată să fie disponibilă în container cu scopul de a umple găleţile ce vor fi utilizate curăţeniei. Supervizorul i-a anunţat că alinierea supapei va trebui făcută de operatori înainte ca apa să fie disponibilă. Când personalul de serviciu a intrat în clădire cu containerul, au încercat robinetul să vadă dacă încă mai era apă. Nu mai era, şi astfel au încercat să închidă supapa şi au aşteptat un timp. Apoi au încercat încă o dată robinetul, lăsându-l parţial deschis, în timp ce, aşteptau apa şi au sunat la camera principală de control prin interfonul uzinei să întrebe când va fi disponibilă apa. Operatorii au zis că un om era în drum către clădirea containerului ca să aducă la un nivel optim sistemul de apă demineralizată. Oamenii din service au închis supapa. La puţin timp după, monitoarele de radiaţie din rezervor au declanşat alarma şi operatorii din camera de control au ordonat o evacuare a clădirii containerului. Nivelul de radiaţie din

clădirea containerului, aflat în creştere, a fost urmat de o scăpare de gaze din alt rezervor, rezervorul colector, pe scurta perioadă de timp cât robinetul a fost deschis, deoarece câteva rezervoare au fost interconectate de acelaşi supliment de apă demineralizată, supapa din sistem trebuia să fie cu precizie aliniată pentru a preveni interacţiunile nedorite. Manipularea prematură a supapei bazinului înainte ca operatorii să poată alinia sistemul rezultat în urma ieşirii rezervorului stins înapoi la nivelul apei primare ce curge din robinetul deschis. Cu toate acestea, nivelurile de radiaţii erau scăzute şi nu existau riscuri prea mari.

Dresden 2 este o uzină nucleară aflată în afara oraşului Chicago, care este mai degrabă un nume de gospodărie pentru cei mai mulţi oameni, dar pentru mine conţine deosebirea de a furniza exemplul chintesenţial al unui accident de sistem. Este deţinut şi condus de Commonwealth Edison, reputat ca fiind unul din primele 2 utilităţi din ţară, în ceea ce priveşte organizarea şi managementul. Acest lucru este important pentru că indică ce se poate întâmpla chiar şi în uzinele care funcţionează foarte bine. Următoarea descriere este mult simplificată, deşi cu greu ai crede aşa ceva în timp ce o citeşti. Nu încerca să înţelegi interacţiunile complexe, dar lasă-te copleşit de obişnuinţa operatorilor, încercările de neînţeles de a face faţă, cu multe eşecuri ale echipamentelor, semnale false şi interacţiuni uimitoare.

Supapa de abur a început să nu mai funcţioneze bine şi apoi s-a închis. Din fericire, reactorul SCRAM s-a declanşat automat. Puterea a scăzut după ce a atins nivelul avut înainte de pornire, reducând mărimea bulelor de abur din partea centrală. Aceasta a făcut ca nivelul apei din reactor să scadă, rezultând ca pompele de alimentare cu apă să crească nivelul lichidului de răcire care se scurge în interiorul reactorului pentru a evita descompunerea în partea centrală. În timp ce nivelul apei creşte, operatorul observă că indicatorul de nivel arată un nivel scăzut. De fapt, indicatorul era blocat şi arăta un nivel scăzut fals al apei. Operatorul a acţionat manual, crescând posibilitatea ca alimentatorul de apă să se scurgă în continuare, astfel încât apa să umple reactorul şi să se împrăştie peste linia de aburi. Eroarea alimentatorului de apă a fost descoperită şi corectată dar, după aceea, presiunea a început să crească şi 2 sisteme de siguranţă proiectate să facă faţă problemelor şi să stăpânească reactorul au fost găsite neoperative. Operatorul a readus presiunea prin deschiderea unei

supape de eliberare. În acest moment, lovitura a fost produsă de către împrăştierea apei şi aceasta a desprins supapa de siguranţă (supapele de evacuare), care s-a blocat în timpul deschiderii, din cauza unei erori de proiecţie. Supapele de evacuare au eliberat aburii din reactor în rezervorul care conţinea atmosferă, care a început să pună sub presiune rezervorul. Pierderea de lichid de răcire printre supapele de evacuare blocate ar fi putut fi cauza că ECCS să activeze injectarea lichidului de răcire înlocuit; dar un sistem a fost găsit neoperativ şi operatorii au blocat funcţiile celuilalt sistem presupunând că problema pierderii lichidului de răcire era minoră. Oricum, nu au ştiut cu adevărat cauza (a supapelor blocate) şi nu au putut să evalueze defecţiunea după sunet (ar fi putut fi o ţeavă cu lichid de răcire care curge, aproape de o ruptură completă). Între timp, presiunea din rezervor creşte peste limita nivelului de măsurare (5 psig). Containerul este echipat cu spray-uri de apă care să reducă presiunea aburului, de fiecare dată când presiunea a 2 psig este prea mare, dar operatorii au blocat această acţiune de siguranţă, deoarece aceasta ar fi produs un şoc câtorva echipamente şi l-ar fi distrus. Totuşi ei nu aveau suficiente cunoştinţe în legătură cu incidentul pentru a-şi justifica acţiunea. Rezervorul a ajuns la 20 psig, în comparaţie cu 60 psig, presiune proiectată înainte ca uzina să fie, în sfârşit, pusă sub control.

Fermi

Sincer vorbind, ultimul nostru exemplu nu este un accident de sistem ci este exemplul unui accident rezultat din eşecul unei componente, refacerea efortului de recuperare implică, câteva din complexităţile tipice din sistem (deosebirea dintre accidentele de sistem şi accidentele rezultate în urma eşecului unei componente este pe larg dezbătută în capitolul 3). Relatarea, bazată pe deplin pe o carte de John Fuller, despre topirea centrului Fermi va servi pentru a ilustra într-un mod dramatic complexitatea acestor sisteme, presiunile asupra operatorilor şi uimitoarele probleme de curăţare. De asemenea, arată că încercările de a face sistemul să fie mai sigur, sunt câteodată prost concepute şi periculoase; acele accidente neobişnuite în întregime, fac ca întrebarea despre eroarea operatorului să fie irelevantă; şi de aceea industria, în loc să se preocupe de potenţialul de dezastru doar schiţează forţa acestuia prin prisma faptului că nu a fost mai rău. Accidentul a avut loc la un reactor în timpul unei demonstraţii, la lacul

Erie, într-o mică comunitate din Lagoona Beach, aproape de Monroe, Michigan, care este foarte aproape de Detroit. Un raport făcut de Atomic Energy Committee, terminat înainte de accident (şi imediat clasat) prezicea că, având în vedere accidentele severe la Fermi, în condiţii nefavorabile de vânt 133.000 de oameni ar primi doze mai mari de radiaţii şi jumătate dintre ei ar muri mai repede. Alţi 181.000 ar primi 150 radiaţii, cu cât relatarea lui Fuller era mai clară cu atât era un apel nereceptat.

Reactorul era unul de înmulţire a întăritorului de sodiu, îndeajuns de mare ca să producă o putere substanţială, la fel ca şi plutoniul care putea fi folosit să alimenteze alte reactoare convenţionale. A fost primul şi singurul reactor de înmulţire şi acela un model neîncercat în apropierea milioanelor de oameni din Detroit. În octombrie 1966, operatorii au încercat să obţină prima treaptă în atingerea unui ţel de mare putere stabilit de către companie, încet şi cu grijă, să crească nivelul de temperatură al reactorului. Întârzierile şi problemele au fost numeroase şi în trecut şi au continuat şi de această dată. Una dintre supapele generatoare de abur a funcţionat rău şi 6 ore a durat colectarea acesteia. Apoi, supapa unui alimentator de apă a cedat şi a fost rapid rezolvată. Operatorii au încercat o dată să crească fisiunea reactorului. Dar inginerul de serviciu a observat câteva schimbări radicale în activitatea neutronului în procesul de fisiune, care ar fi putut proveni din sistemul electronic, semnalând câteva zgomote sau static. Au luat pauză, au dispărut şi au continuat. Apoi, inginerul a observat că pentru surplusul de putere pe care reactorul îl producea, barele de control care au oprit fisiunea când s-au înserat total, ar fi trebuit să crească numai cu 6 inci, dar erau cu 9 inci în afara părţii centrale şi semnalul activităţii neutronului a fost eradicat. Reactorul a fost pus în aşteptare şi inginerul a venit să verifice instrumentele subansamblelor individuale ale pistolului combustibilului – aproximativ 30 de „picioare" depărtare de panoul de comandă. Rezultatele au fost uimitoare. Temperatura de la gura de evacuare ale unuia dintre subansambluri era în mod evident foarte ridicată, dar ei au mai avut necazuri cu aceasta. Într-adevăr, de când s-a aflat că acel instrument era „cu probleme", ei l-au mutat într-o parte diferită, în cantitatea de combustibil. Dar acum, un al doilea subansamblu a arătat, de asemenea, temperatură înaltă, dar niciunul dintre lucrurile care erau prin apropiere şi care erau instrumentate nu

erau anormale. Din păcate, numai unul din fiecare 4 subansambluri erau instrumentate, şi dacă unul îi supraîncălzea pe cei din apropierea lui, care, de asemenea, avea instrumente ar fi trebuit să se supraîncălzească.

Apoi alarmele radiaţiilor au încetat, sirena de aer a început să emită sunete de 2 ori la fiecare 3 secunde şi adresa publică a sistemului s-a confruntat cu o lacună, „cum să auzi asta. Acum ascultă asta. Clădirea containerului şi clădirea detectorului de producere a fisiunii au fost securizate. Erau indicaţii de înaltă radiaţie şi au fost sigilate. Nu încerca să intri. Stai afară. Ambele clădiri sunt izolate. Aceasta este o urgenţă clasa întâi. Aşteptaţi indicaţiile ulterioare". La început, operatorii numărau membrii echipajului ca să fie siguri că niciunul nu fusese izolat în camera containerului cu interdicţii de înaltă radiţie. Toată lumea a fost în siguranţă. A doua zi au trebuit să stăpânească puterea din reactor. Ei erau ezitanţi în acţiunea de a părăsi reactorul imediat, din cauza unui şoc termal provenit dintr-o schimbare bruscă a temperaturii întăritorului de sodiu. O ipoteză care a fost rapid enunţată a fost aceea că alarmele radiaţiilor erau false; un inginer a lucrat la producerea monitorului fisiunii şi s-a crezut că el ar fi putut declanşa o alarmă falsă. Dar indicii de temperatură ai subansamblelor au indicat că ceva într-adevăr se întâmplă.

11 minute după ce au început să liniştească reactorul, s-au hotărât să-l închidă manual. Nu a existat nicio cale de a afla dacă era prea devreme sau prea târziu cu acest tip de reactor. Într-adevăr nu era nicio şansă de a afla ce s-a întâmplat înăuntru. Potrivit modelului măsurilor de siguranţă, dacă acolo ar fi fost o dizolvare a combustibilului reactorul ar fi trebuit să se oprească automat. Este evident că nu s-a oprit, lucru care sugerează că problema nu a fost dizolvarea combustibilului, sau poate a fost o dizolvare de combustibil ce nu a fost indicată. Pe de altă parte, ar fi putut fi o problemă de instrumentat, acolo au mai fost probleme cu instrumentele şi înainte. Şi totuşi nu pot fi siguri dacă o dizolvare de combustibil ar fi fost evitată sau nu. Era esenţial să afle acest lucru pentru că o dizolvare a combustibilului ar fi blocat vărsarea răcitorului de sodiu şi ar fi putut conduce la creşterea presiunii şi mai multă dizolvare şi astfel la un al doilea accident. Asistentul manager general a luat în sarcină eforturile imediate şi a anunţat: „Ne vom ocupa de aceasta foarte, foarte încet". Din fericire inginerii Fermi au avut timp din momentul în care

temperatura din partea centrală a continuat să scadă lent. Din moment ce nu existau proceduri pentru asemenea urgenţă, a trebuit să realizeze unele şi să le verifice foarte atent. Ei s-au temut să nu provoace o tulburare în partea centrală. Au aflat curând, că acolo au avut loc atât dizolvarea de combustibil cât şi redistribuirea lui. Redistribuirea ar fi putut provoca un blocaj şi o viitoare fisiune.

Concluzia dizolvării de combustibil a fost fără dubiu, produsă dintr-un alt motiv – opinia expertului. Fizicianul laureat la Premiul Nobel şi apărătorul puterii nucleare, Hans Bethe, a prezis în mod confidenţial că o dizolvare nu s-ar fi putut produce cu acest reactor. Un alt expert a fost mai puţin cert, dar a prezis că în cel mai rău caz un ansamblu s-ar fi putut topi. Proba de acum a fost că 2 sau mai multe s-au topit. Cel de-al doilea expert a susţinut, de asemenea, că mecanismele automate de siguranţă ar fi oprit reactorul dacă ar fi existat vreo topire; mecanismele nu au făcut nimic de acest fel. Inginerii Fermi vorbeau, după acest moment, despre deciziile de „creştere a părului" şi „gânduri înfricoşătoare", ce se situau pe vârful vulcanului de lângă Detroit. Nu ar fi putut să plece şi să îl lase acolo; nu puteau fi siguri că acolo nu ar fi avut loc un al doilea accident, şi în orice caz, dizolvarea eventuală a radiumului ar fi distrus partea centrală şi baza de ciment a clădirii.

Pentru o lună reactorul a rămas acolo, în timp ce compania l-a lăsat lejer şi a planificat următorul pas. Apoi, inginerii cu mare grijă au îndepărtat vârful şi au sperat că niciunul dintre subansamblele combustibilului să fie lipite împreună într-o aşa modalitate încât să producă o „catastrofă" (condiţiile pentru fisiune). Dacă ar fi putut îndepărta subansamblele distruse ar fi fost în siguranţă. Au trebuit 3 luni pentru a afla că 4 erau distruse şi 2 lipite. Le-a luat încă 5 luni ca să le îndepărteze. A fost alcătuit un echipament special; nodul mortal a trebuit să fie drenat şi nu a mai fost nicio prevedere pentru acesta în modelul reactorului. La aproape 1 an de la accident ei, au fost în stare să coboare un periscop la 4 picioare până pe fundul părţii centrale unde era un ghid conic pentru scurgere – un mecanism sigur asemănător unui mare con de îngheţată, întors care trebuia în mare măsură să distribuie orice cantitate de uraniu care s-ar fi putut topi şi ar fi putut cădea la fundul vasului. Aici au descoperit o părticică de metal mototolită, pentru toată lumea arăta ca o doză de bere strivită, care ar fi putut să blocheze scurgerea răcitorului de sodiu.

Nu era o doză de bere, dar operatorii nu puteau vedea îndeajuns de bine ca să o identifice. Periscopul avea 15 lentile optice, care dacă se abureau ar fi durat o zi să îi cureţe, era foarte greu de manevrat şi a trebuit să fie manevrat dintr-o cameră construită special pentru a evita radiaţiile. Ca să întorci metalul, să îl examinezi, era necesar să utilizezi alt complex, o uneltă asemănătoare cu un şarpe care opera la 35 de picioare de la baza reactorului. Operatorii au reuşit să obţină un dispozitiv de prindere a metalului şi după o oră şi jumătate a fost îndepărtat.

Bucata de metal mototolită a rezultat a fi una din cele 5 piese triunghiulare de zirconiu care fuseseră instalate ca un mecanism de siguranţă la insistenţele comisiei de experţi privind siguranţa reactorului, un prestigios grup de experţi nucleari care sfătuiau NRC-ul. Nu era nici măcar în planuri. Scurgerea răcitorului de sodiu s-a descoperit dându-i frâu liber. Mutându-se lângă, imediat a luat o poziţie care bloca scurgerea răcitorului, cauzând dizolvarea combustibilului.

În tot acest timp, dar şi după câteva luni, reactorul a trebuit să fie în mod constant îmbăiat în argon sau în nitrogen ca să fie siguri că răcitorul de sodiu extrem de volativ nu intră în contact cu vreo particulă de aer sau apă; dacă avea contact ar fi putut exploda şi ar fi putut produce ruptura părţii centrale. A fost monitorizat constant cu controlul GEIGER, de către specialiştii în protecţia contra radiaţiilor. Chiar şi cele mai tari zgomote trebuiau să fie evitate. Chiar dacă reactorul era stabilizat, tot mai exista şansa unui accident reactiv. Încet ansamblurile de combustibili au fost îndepărtate şi tăiate în trei părţi, pentru ca ei să le poată transporta afară din uzină, pentru a le arde. Pentru câteva luni au fost lăsate să se liniştească – rezervoare de combustibil – piscine imense de apă unde barele de uraniu nu puteau fi plasate foarte aproape unele de celelalte. Apoi ele au fost introduse în cilindri cu diametrul de 9 picioare, cântărind 18 tone fiecare. Acestea au fost concepute ca să reziste la o cădere de 30 de picioare şi un foc de 30 de minute, atât de periculos este combustibilul deja consumat! Scăparea din butoaie ar fi putut omorî oameni aflaţi la o jumătate de milă depărtare. A durat 3 ani ca să îndepărteze materialele dăunătoare din uzină şi să astupe sodiul radioactiv în canistrele de oţel, pentru păstrarea în această amplasare (niciuna din cele 6 locuri speciale de ars din ţară nu le-ar fi luat) unde ar urma să fie

monitorizate pentru câteva generaţii. Uzina a fost dată spre folosire câţiva ani mai târziu şi a funcţionat la o putere mică pentru o scurtă perioadă de timp. A fost în cele din urmă, permanent închisă după mai multe necazuri.

Această relatare ilustrează câteva din principalele teme investigate în această carte, după cum putem vedea:

1. Problema provine de la un mecanism de siguranţă. Într-adevăr, instalarea mecanismului a fost determinată de concernele unui prestigios comitet alcătuit din ingineri şi oameni de ştiinţă specializaţi în probleme nucleare, majoritatea din unităţi de elită, responsabile pentru sfătuirea NRC-ului în măsuri de siguranţă. Ei erau îngrijoraţi de scurgerea combustibilului, iar învelişurile erau o parte din răspuns.

2. Modelul slab realizat şi construcţia neglijentă a condus la accident. Chiar dacă, nu a început cu diverse erori, era greu să reasiguri că învelişurile erau slab securizate şi că forţa impulsurilor întăritorului nu a fost anticipată, iar completarea a depăşit modelele finale.

3. Ca şi în alte accidente, unele părţi au sugerat o eroare operatorie, când de fapt, nu existau clar proceduri de urmat; niciuna dintre acestea nu a fost anticipată. R.L. Scott în relatarea lui despre accident pentru *Siguranţa Nucleară* arată că una din problemele majore a fost o greşeală a operatorilor de a părăsi reactorul imediat. Dar nişte date tehnice pe care el le citează în articolul lui, indică faptul că acolo era insuficientă informaţie disponibilă pentru operatori ca să ştie care este pericolul şi ce se întâmplă exact.

4. În cele din urmă, ar trebui să notăm încă o dată, că cei care sunt legaţi sistemelor de înalt risc pot fi neobişnuit de prietenoşi cu aceste erori de sistem. Scott este încântat să indice în jurnalul NRC despre faptul că, după dizolvarea combustibilului, acesta s-a solidificat numai la o mică distanţă de locul fierbinte şi nu a cauzat dizolvarea subansamblelor adiacente. Asta ar fi trebuit să ne dea mai multă încredere în reactoarele de creştere. În continuare ne spune: „Marele beneficiu suplimentar a derivat din operaţiile de recuperare… dar nu printre ultimele beneficii a fost şi experienţa câştigată de personalul direct implicat". Ar trebui să fim foarte fericiţi că acele personaluri au făcut ca experienţa lor să crească, dar din nefericire, majoritatea celor din Detroit a trebuit să fie în risc de a pierde câştigul. El a continuat:

„Majoritatea inovaţiilor a fost utilizată ca să acopere problemele noi şi diferite pe care ei le-au prezentat". Ca un exemplu de a gândi pozitiv asupra acestui lucru el a enunţat numărul schimbărilor realizate subsecvenţial în sistem, cât şi pregătirea necesară pentru a scurge sodiul radioactiv din vasul reactorului. Unii ar fi sperat că un accident serios nu ar fi cerut să aducă întâmplarea în atenţia designerilor. În final, el a concluzionat prietenos: „Incidentul cu dizolvarea combustibilului Fermi a fost întru totul instructiv, accentuând nevoia de a schiţa măsurile de inspecţie a serviciului şi necesitatea pentru o simplă şi rapidă prezentare în faţa operatorilor, a informaţiilor critice de manevrare, împreună cu procedurile adecvate şi criteriul precis pentru acţiunea operatorului".

În accidentul nostru este salvarea noastră.

Ciclul combustibilului ca şi sistem

Noi am tratat uzina ca un element de analiză şi în mod general, vom continua să o facem în timp ce, investigăm alte sisteme de mare risc. Dar puterea nucleară include întregul „ciclu de combustibil" secvenţa din exploatarea minereului de uraniu, procesarea lui în combustibil, arderea lor în reactoare de apă fiartă şi dispunerea de diferite modalităţi de irosire. Toate acestea conţin grave hazarduri. Într-adevăr, în timp ce, noi nu vom discuta despre problema de irosire, în această carte, probabil are un mai mare potenţial catastrofic pe timp îndelungat (dacă includem pierderile din cadrul militar) decât operaţiile din uzina nucleară. Exploatarea minieră este probabil responsabilă pentru multe radiaţii – ce induc moartea mai mult decât oricare altă secvenţă a ciclului în acel moment (pentru problema pierderilor va mai dura mult timp până să le descoperim), chiar dacă aceste decese nu sunt, în general, rezultatul accidentelor de sistem. Dar accidentele de sistem au loc în etapa procesării combustibilului. O privire rapidă asupra acestei etape va sugera că procesarea materialelor periculoase este, de regulă, asociată cu accidentele de sistem. Aceste relatări sunt impuse din alt motiv: ca să scoată în evidenţă detaliile semnificative care pot avea consecinţe imense şi lipsa de neînţelegere? este încă evidentă în procesul de producere la fel de bine cum este şi înainte de etapa de exploatare.

13 accidente ce includ fabricarea de combustibil sunt descrise într-un articol din *Siguranţa Nucleară*. Unele par să se datoreze nepăsării sau tehnologiei inadecvate. De exemplu, există o inflamare

spontană a pierderilor contaminate care sunt inexplicabil păstrate în cutii de carton, într-o sală specială de păstrare a pierderilor. O parte din plutoniul declanşat din acest foc a fost spălat de pe clădire de furtunul pentru foc, contaminând împrejurimile. În alt caz, reziduurile de plutoniu aruncate, au fost puse într-o pungă de plastic şi arse. În al doilea caz, „un filtru vechi de 5 ani, încărcat până la refuz cu pulbere de plutoniu" a luat foc de la o scânteie a unei torţe aprinse.

Curăţarea este dificilă când sunt implicate materiale radioactive. La o explozie în laboratorul naţional din Walk Ridge, pe 19 noiembrie 1959 „clădirile şi străzile din apropiere au fost contaminate de aerul care plutea prin conducte deschise şi din alte celule ale pereţilor penetraţi". Străzile au trebuit să fie curăţate. Dar autorul articolului *Siguranţa Nucleară* este liniştit. El concluzionează că: „În toate incidentele de conţin plutoniu, până astăzi, numai o mică parte din plutoniul implicat a fost eliberat". Este ca şi cum ai spune că în război numai o mică parte din gloanţe ucid pe cineva.

Puţin mai revelatoare este o altă discuţie despre 7 accidente grave. Dacă plutoniul, care este în mod excesiv, volatil şi greu de prelucrat sau manevrat experimentează condiţiile optime, poate ajunge să susţină singur o fisiune de reacţie în lanţ. În mod critic, depinde de cantitatea de plutoniu, de mărime, de formă şi de materialul vasului în care e depozitat, de natura solvenţilor sau a diluanţilor şi chiar a materialului adiacent care ar putea reflecta neutronii înapoi în plutoniu. Aparent este greu să ştii când aceste condiţii ar putea să fie corecte. În cele 7 accidente grave care au avut loc între anii 1958 şi 1970, 15 lucrători au raportat că au simţit grade semnificative de iritaţie (o medie de 140 remi, în timp ce scorul maxim anual pentru personalul nuclear este de 5 remi) şi alţi 2 au murit în mai puţin de 2 zile de la accident.

Accidentele au scos în evidenţă natura interactivă de nivel înalt al sistemului. În primul caz, au fost implicate 2 pompe care nu funcţionau foarte bine odată cu o conductă care ar fi putut fi astupată. Într-o încercare de a elibera conducta, a fost creată o bulă de aer de înaltă presiune, chiar dacă nimeni nu ştia. Acest lucru a determinat creşterea a 40 litri de soluţie până la o conductă de colectare care are diametrul de 5 inci şi afară în alt vas care s-a întâmplat să aibă dimensiunile optime, dat de această soluţie particulară şi de volumul ei. În alt caz, un dop alcătuit din cristale de uraniu nitrat a fost găsit în

conductă. Operatorii l-au dizolvat cu ajutorul aburilor, dar lichidul a fost apoi drenat în nişte sticle disponibile, care, în mod accidental, erau identice cu cele folosite pentru a păstra un lichid mult mai sigur. Una dintre sticle, conţinând acum U-235 a fost introdus într-o cisternă de completare. După ce au început să se amestece, a explodat trântindu-l pe operator la pământ. A reuşit să iasă din clădire, dar a murit la 49 de ore oribile mai târziu. Doi operatori au venit să mute soluţia în containere sigure, dar oprind paleta de amestecat (cine ar fi putut pricepe această tehnologie), schimbarea geometriei a fost îndeajuns de importantă ca să producă o altă abatere. Operatorii nu au ştiut că acest lucru s-a întâmplat, pentru că alarma care ar fi trebuit să indice pericolul, încă suna de la prima abatere. Aceşti 2 bărbaţi au primit un dozaj de la 60 până la 100 de radiaţii (un total de 50 de radiaţii este nivelul de expunere necesar să dubleze riscurile defectelor genetice şi este dozajul maxim legal acumulat pentru lucrătorii nucleari de peste 27 de ani).

Un raport guvernamental, Wash-1192, conţine datele a 111 accidente ce implicau declanşarea neplanificată a radioactivităţii, care expuneau 317 oameni la un exces de radiaţii de până la 80.000 de radiaţii. Aceasta s-a petrecut între 1959 şi 1970. Doza medie a lucrărilor de la uzina West Valley Reprocessing (acum închisă) aproape de Buffalo, New York, deţinută de compania Getty Oil era de 7, 7 radiaţii în 1971 şi 7, 1 radiaţii în 1972, cunoscută ca doza minimă legală. Aceste ameninţări asupra personalului, care în majoritate nu îşi dezvăluie pagubele timp de 2 decenii, nu sunt considerate de statistici, care arată că puterea nucleară este „sigură".

Cum tocmai am văzut, faza generării de putere a ciclului nuclear nu este singurul înclinat spre accidentele din sistem; sistemele de procesare şi sistemele de reprocesare a combustibilului sunt şi ele supuse riscului. Procesele de transformare ale ciclului combustibilului nuclear pare să aibă de la sine înţeles un grad de nepractibilitate. Dar rămân încă două întrebări: cât de frecvente sunt accidentele de sistem şi de ce nu reuşeşte conducerea să prevină măcar erorile minore care ocazional se pot uni şi pot declanşa un accident de sistem? Pe prima putem numai să o ghicim, dar există fără niciun dubiu o probă, privind-o pe cea de-a doua.

Putem să îi facem faţă?

Sper că am reuşit să vă conving, în exemplele enumerate, despre

frecvenţa accidentelor serioase, sau pe lângă accidentele din uzinele nucleare, şi de existenţa accidentelor din cauza sistemelor.

Cât de multe accidente din cauza sistemelor sunt este imposibil de apreciat; rapoartele din *Siguranţa Nucleară* nu sunt adesea detaliate îndeajuns de mult pentru a le judeca. O încercare serioasă de a analiza accidentele în termenii multiplelor erori şi varietatea erorilor din cauza componentelor, se bazează pe argumentele acestei cărţi. Morris şi Engelken au analizat 8 accidente în urma pierderii a lichidului de răcire (LOCAŞ) în BWR într-o perioadă de 2 ani, când erau doar 29 de uzine deschise. Acest lucru s-a petrecut în 6 BWR-uri diferite. Autorii au estimat că va fi un accident din cauza lichidului de răcire pentru fiecare 2 ani de operare cu reactorul.

Am concluzionat că: „două dintre incidente nu au fost produse de un sistem obişnuit sau din cauza unei componente care mergea prost… Primul lichid de răcire din reactor a fost eliberat în timpul acestor treceri de siguranţă şi au schimbat supapele în care fie au operat premaur, fie au operat corect, dar au cedat la final". Astfel fiecare accident era unic şi implica printre alte lucruri, eşecul unui cifru din mecanismele de siguranţă. Acestea puteau cu uşurinţă să fie accidente de sistem. În sumarul lor privind cele 8 întâmplări au identificat 8 categorii de eşecuri (cum ar fi: ridicarea supapelor sub nivelul la care ei se aşteptau să urce; supapele au cedat în timpul procesului de reinstalare; liniile de aburi; supapele de izolare s-au închis prea repede; probleme cu condensorul; încălcarea procedurilor de operare). În fiecare accident se găsesc între 2 şi 4 dintre aceste eşecuri. În jumătate din cele 8 accidente au existat şi încălcări ale procedurilor de operare, dar acestea întotdeauna, s-au produs împreună cu cel puţin 2 şi cel mult 5 alte eşecuri. Eşecurile nu numai că erau împrăştiate în toate cele 8 categorii, ci erau împrăştiate peste toate punctele de vânzare şi în manufacturi. O mostră de supape era cu 15% mai subţire decât cele prevăzute în proiect. Supape stricate au fost găsite în 20 de uzine deţinute de alte 15 utilităţi diferite şi înlocuite cu 10 substituitori diferiţi. Din cauza acestor eşecuri mici, accidentele de sistem pot creşte ca număr; unicitatea accidentelor şi multiplele eşecuri din acest sondaj, arată faptul că accidentele de sistem nu sunt chiar aşa de rare.

Oare conducătorii uzinelor nu ar putea să prevină aceste eşecuri? Autorii care au investigat cele 8 LOCA au ajuns la o acuzare

transparentă a practicii manageriale şi la un studiu viitor. În mod frecvent, „situaţiile şi incidentele anormale, nu au fost cu adevărat investigate; anormalităţile minore au fost adesea ignorate sau în implicaţiile lor neînţelese şi acestea au condus uneori la şi mai multe condiţii serioase”. În anormalităţile minore putem strecura ca accidentul de sistem este plămadit. Au notat, „bineînţeles că există întotdeauna o forţă puternică pentru a ţine uzina în stare de funcţionare, i.e., producerea de putere”. Găsind toate acestea, au condus un program de evaluare a managementului în uzine şi au conchis că „chiar dacă un efort deliberat nu a fost făcut pentru a controla încălcarea regulilor”, au fost 75 în doar 7 evaluări. Dintre acestea 18 au picat la testul „echipamentul de salvare a vieţii”. În sumar a existat o nevoie surprinzătoare de cunoaştere, înţelegere şi efort din partea unor executivi de a înlătura propriile lor responsabilităţi şi acelea impozitate de către cerinţele specifice ale licenţei Comitetului Energiei Atomice.

Bună treabă. Dar asta a fost în 1972 şi industria era tânără. De atunci, au existat accidente majore la Dresden, Brouns Ferry şi TMI, şi câteva reviste ce le criticau performanţele. Totuşi, într-o revistă NRC despre uzinele operaţionale, condusa în 1980 ca rezultat al criticii severe asupra NRC făcută de către comisia Kemeny, puţine par să se fi schimbat. În probabil cea mai periculoasă activitate industrială pe care oamenii trebuie să se angajeze încă, studiul a descris al 21-lea „submedia” facultăţilor în a număra, în a repeta termenii: staff-ul tehnic neadecvat, training insuficient, o slabă supraveghere, greşeli în a urma procedurile, slăbiciuni în protecţia împotriva radiaţiei, rapoarte incomplete ale evenimentelor şi greşeala de a-şi considera propriile păreri, scurgeri nemonitorizate şi necontrolate de material radioactiv, neconcordanţa cu calitatea programelor de asigurare, control neadecvat asupra pierderilor radioactive, lichide şi solide, probleme repetitive cu echipamentul, probleme în managementul coordonării şi atenţiei, protecţie neadecvata împotriva focului, supraexpunerea personalului şi probleme necorectate legate de proiect. Cele mai multe dintre aceste puncte apar de mai multe ori.

Nu am spus nimic despre media uzinelor. Lista de mai sus se referă la al 29 leaz găsit a fi sub medie. Haideţi să luăm o uzină studiată de către NRC din mai 1979 până în mai 1980 şi a fost cuantificată ca şi o medie – San Onofre, patronat de Southern California Edison. Este o

uzină mică, 436 megawaţi, care a fost în funcţiune timp de 13 ani (de fapt, în aceşti 13 ani, a funcţionat la putere maximă numai 8.8 ani sau 68% din timp, care este aproape de media industriei). În 1980 se luptă pentru primul loc în cel mai nou top stabilit de NRC la categoria de accidente speciale importante (incidente serioase). Este una din cele 8 uzine numite de NRC ca având cea mai semnificativă lipsă de oţel, lucru care ar fi putut cauza distrugerea părţii centrale a vasului.

Câteva dintre problemele recente: În noiembrie 1979 un cuib ce adăpostea şoareci (semn a unei gospodăriri precare) a produs un foc electric care a închis uzina pentru o săptămână şi a costat 2 milioane de dolari. Din aprilie 1980 şi până în iunie 1981 a fost închisă pentru repararea generatorului de aburi (o problemă care planează asupra tuturor uzinelor care produc putere), costând 68 milioane dolari; reparaţiile durează cel mult 5 ani. În timpul reviziei, 73 de lucrători au fost supraexpuşi radiaţiilor (NRC a amendat utilitatea pentru toate acestea cu 100.000 de dolari şi cu încă 50.000 pentru încălcări suplimentare ale prevederilor şi pentru expunerea muncitorilor).

50 de camioane ce încarcă nisip radioactiv au fost necesare că să îl îndepărteze din ocean, de pe plaja aflată în faţă uzinei, în mai 1981. Un foc produs la un generator suplimentar de motorină a închis uzina timp de 4 săptămâni în iulie 1981, reparaţiile costând 2, 5 milioane. În acest timp, a avut loc o explozie la un rezervor de păstrare a gazului radioactiv, scăpând 8.8 curii gaz Krypton radioactiv, în atmonsferă. În septembrie 1981, o eroare la un egalizator de voltaj a fost investigată şi compania a găsit neoperative supapele din ECCSestimat, de către NRC ca fiind neoperativ din 1977. Această a rezultat într-o concluzie a Comisiei pentru deficienţe în management şi controale de procedură". NRC a estimat că unitatea poate deveni nesigură pentru a funcţiona din 1983, datorită alterării problemelor care ar putea cauza distrugerea părţii centrale a vasului.

Multe dintre acestea au avut loc imediat după evaluarea care o situa la nivel mediu, mai degrabă, înainte decât în timpul evaluării. Chiar şi în 1980, în timp ce evaluarea avea loc, acolo au avut loc 37 erori de siguranţă, care a fost impus de lege să raporteze NRC-ului şi 7 accidente speciale importante. Dacă aceasta este o uzină medie, cele care sunt sub media stabilită de standardele NRC, le pot da vecinilor motive de îngrijorare.

În fine, dacă lucrurile nu s-au îmbunătăţit cu mult din 1972, din

studiul realizat asupra câtorva uzine, judecând după evaluarea NRC din 1980, poate că ar trebui să funcţioneze mai bine uzinele care se construiesc şi cele care sunt pe cale să devină pe val. Uzina Diablo Canyon aparţinând Pacific Gas and Electric a fost gata cu ceva timp înainte ca în 1980 NRC să o evalueze împreună cu alte 75 de uzine care erau în diferite etape de construcţie. Au estimat Diablo Canyon ca nivel mediu (cel mai mare nivel acordat uzinelor aflate în construcţie). Anul imediat următor, un inginer specializat în utilităţi a descoperit, în mod accidental, că echipamentul necesar pentru întărire în caz se cutremur a fost incorect instalat, aşa cum am notat anterior şi că au fost găsite alte 111 încălcări. Un lucru asemănător, s-a produs la o unitate secundă construită la San Onofre, unde reactorul a fost instalat la 180 de grade în afara direcţiei şi a durat 7 luni până ca Southern California Edison să descopere eroarea. Că să o corecteze, au inversat instalaţia electrică în camera de control; dar nu a fost la fel de simplu şi la Diablo Canyon.

Concluzii

Nu am mai avut accidente mai serioase ca cele din gama Three Mile Island, pur şi simplu pentru că nu le-am mai lăsat destul timp să apară. Dar ingredientele pentru asemenea accidente există, şi doar dacă suntem foarte norocoşi, numai unul sau mai multe vor apărea în următoarea decadă şi să întrerupă rezervorul. Mari uzine nucleare de 1.000 sau mai mulţi de megawaţi nu au funcţionat pentru mult timp – numai de la 35 până la 40 de ani – din experienţa care există în a opera cu acestea şi aceasta constituie copilăria industrială pentru cât de complicată este, sisteme de transformare foarte puţin înţelese. Există probe ample că problemele abundă în aceste mari sisteme şi că sunt diferite faţă de problemele din unităţile mai mici unde avem puţin mai multă experienţă. Pentru toate uzinele cu putere nucleară, alterarea problemelor cu generatorul de abur şi cu partea centrala sunt spectaculoase. Mici eşecuri pot interacţiona şi genera sisteme de siguranţă neoperative, proiectate pentru a preveni ca eşecul unui generator de aburi să devină catastrofic. Evenimente minore pot solicita modificarea parţii centrale în moduri neimaginate de către proiectanţi. Sursa celorlalte erori şi eşecuri apar toate mult mai numeroase „judecând după evenimentele expuse în acest capitol”.

Potenţialul catastrofic al accidentelor din uzinele nucleare este cunoscut de către toată lumea, dar apărarea înălţimii este susţinută de

către experţi pentru a reduce probabilităţile până la zero. Însă, partea centrală a rezervorului, sistemele cu lichid de răcire de urgenta şi locurile izolate, apar ca fiind neadecvate; toate au fost ameninţate. Nici nu putem avea încredere în controlul de calitate, indiferent, în construcţie şi în permanenţă este aproape de nivelurile eroice necesare să facă sigure aceste sisteme periculoase. O lungă listă de erori apărută în construire, acoperiri, ameninţări şi abateri deplasate planează asupra industriei. Am argumentat că problemele în construcţii sunt, probabil, nu atât de rele ca cele din alte industrii, dar aceasta nu reprezintă niciun efort; trebuie să fie mai bine. Nici actualele operaţii ale uzinelor nucleare nu par a fi mult mai departe decât standardele industriale normale. Dacă ceva este într-câtva inferior standardelor industriale. Aceste însemnări cu privire la construcţie, permanenţă şi managementul organizaţional sunt bazate pe revistele şi consemnările comisiei nucleare regulatorii însăşi. În sfârşit, o revistă a unora dintre cele mai serioase accidente care s-au petrecut, dezvăluie complexitatea uzinelor, dificultatea de recuperare după accidente minore pentru a nu deveni unele majore, improbabilitatea că industria va învăţa vreodată din accidente şi răspunsul sangvinic şi cauzal al industriei şi NRC.

Când comisia Kemony scria ultimul raport, membrii ei dezbăteau în acelaşi timp 2 teme cheie: sunt aceste uzine diferite faţă de alte uzine industriale, şi acestea merită a fi judecate după diferite criterii; şi dacă sunt diferite, ce fel de organizaţie este necesară pentru ca ele să funcţioneze în siguranţă? Un grup de membrii pro industrie au argumentat prima dată că uzinele nu sunt diferite şi că restricţiile luate în considerare nu erau necesare; apoi au argumentat că dacă ar fi existat pericole sigure, uzinele ar funcţiona într-o bază paramilitară. Această poziţie a înspăimântat alţi membri ai comisiei şi i-a făcut să se întrebe dacă o economie pe timp de pace are neapărată nevoie de un segment autoritar, dictatorial care să conducă un sistem cu un aşa potenţial catastrofic. Aceste teme ameţitoare, mergând după construcţii de calitate proasta, management inept, proiecte netestate şi pripite. Vom discuta aceste probleme mai pe larg după ce vom fi revizuit alte sisteme de mare risc aşa cum sunt armele nucleare şi motoarele DNA.

Însă, în pofida eşecurilor evidente ale puterii industriale nucleare este clar că proiectul ei, construcţia şi problemele de operare

nu constituie, în sine, cauza accidentelor de sistem. Este, într-adevăr, potenţialul pentru interacţiuni neaşteptate a unor mici erori în sistem care fac predispus în sistemul accidentat. Unele sisteme cu potenţial catastrofal nu sunt pregătite pentru aceste erori, căderi, eşecuri complexe; accidentele lor au diferite, mai multe surse lumeşti. Câteva sisteme interactive sunt fără potenţial catastrofic. Pentru a îndepărta din calea noastră aceste complexităţi, avem nevoie de analize atente şi de termeni şi concepte mult mai precise. Aceasta este sarcina capitolului următor.

Capitolul III

COMPLEXITATE, RACORDARE ŞI CATASTROFE.

Pentru a putea examina sistematic lumea sistemelor cu un nivel de risc ridicat şi pentru a formula problemele legate de reorganizarea acestor sisteme, de analizarea riscurilor şi de implicarea publicului, trebuie să definim cu grija termenii pe care îl vom folosi. Nu tot ce se întâmpla şi este ciudat ar trebui să fie numit accident; pentru a exclude numeroase erori minore, avem nevoie de o definiţie exacta a termenului «accident». Termenul nostru cheie, «sistemul accidentului» sau «accident normal», trebuie să fie definit cât mai clar cu putinţă şi delimitat de alte accidente mult mai cunoscute, mai comune. Îl vom defini cu ajutorul a două concepte folosite inexact până acum, dar care acum necesita o difinitie şi o ilustraţie: complexitate şi racordare. De asemenea trebuie să definim şi termenii de «catastrofa» şi «victima», căci ei vor fi folosiţi ulterior în analiza noastră. Apoi ne vom alfa în poziţia de a realiza o schemă a sistemelor organizate, făcând o predicţie a predispoziţiei lor la accidente. Acest caitol, realizat pe baza a numeroase exemple, va construi un aparat care ne va purta printre sistemele pe care le vom discuta pe parcursul acestei cărţi. Va constituie o teorie a sistemelor şi a potenţialului reuşitei sau eşecului lor. Astfel eu cred că această carte este unica în literatura accidentelor şi în literatura organizaţională.

Probabil cel mai original aspect al analizei este că se concentrează pe proprietăţile sistemelor, mai mult decât pe erorile proprietarilor, designerilor şi a operatorilor care le conduc. Explicarea convenţională a accidentelor utilizează noţiuni precum: «eroare de operare», «design sau echipament defectuos», «lipsa de atenţie în procedurile de siguranţa», «lipsa de experienţa în operare», «pregătire defectuoasă a personalului», «eşec în utilizarea tehnologiei avansate»,

«sisteme prea mari, prost finanţate sau conduce inadecvat». Am trecut în revista deja cauze ale problenilor ce conduc la accidente. Dar câteodată, contribuie la eşecul sistemelor, elemente de baza mult mai importante. Explicarea convenţională vorbeşte doar de problemele mai puţin inevitabile, comune tuturor sistemelor şi care nu au influenta asupra variaţiei ratei de eşec a diferitelor tipuri de sisteme.

Ceea ce este necesara este o explicaţie bazată pe caracteristicile sistemelor. În capitolul 6 despre transportul marin, vom vedea cum tehnologia nu face nicio diferenţă, ba chiar uneori poate înrăutăţi situaţia. Capitolul 8, despre programele spaţiale, arata cum cele mai talentatesi organizate resurse, deşi ajuta în mod cert, nu pot depăşi potenţialele sisteme de accidente. mai multe capitole arata cum sistemele legate de producerea presiunii înving îmbunătăţirile pentru siguranţă. Accidentele au acoperit toate capitolele şi au pus la încercare explicaţiile erorilor deja pregătite de operatori. Dar acest lucru nu înseamnă ca definiţiile şi conceptele caracteristice sistemelor prezentate aici vor rezolva toate problemele apărute în analiza. Ele sunt preliminare; problemele definiţionale rămân. Aceasta este prima încercare de realizare a unei analize structurale a sistemelor cu potenţial de risc, dra cred că merge substanţial dincolo de termenii convenţionali ai analizei şi a producţiei aşa cum vom vedea cu toţii în ultimul capitol, strategii pe termen lung pentru manipularea risculuimai mult decar strategii pe termen scurt prin postarea unor atenţionări cu privire la siguranţă sau prin impunerea unor amenzi triviale.

DEFINIREA ACCIDENTELOR

Ce înţelegem prin accident? Prin cea mai simplă definiţie, un accident este un eveniment neintetionat sau ciudat. Dacă conduci spre casa şi virezi greşit şi îţi prelungeşti drumul este atât neintenţionat cât şi regretabil. Dra în general ne referim la ceva mai serios decât acest exemplu atunci când folosim termenul de accident. Atunci când vom ajunge acasă nu vom spune: «Am avut un accident în drum spre casă.». Dacă facem acest lucru vor apărea întrebări precum: „A fost cineva rănit?" sau „Maşina a fost ravagiata?"

Un accident implica distrugeri materiale sau oameni răniţi sau chiar ambele. Dar incertitudinea rămâne. Să presupunem că îţi zgârii vopseaua maşini de un stâlp atunci când ieşi din parcare. Probabil ca nu l-ai numi un accident (chiar dacă a fost accidental) dacă nu ai

întrerupt drumul sau nu ai primejduit funcţionalitatea stâlpului sau a maşinii. Atunci trebuie să menţionăm ca pagubele materiale saur anile oamenilor trebuie să fie suficient de serioase pentru a pune în pericol sarcinile sau viitoarele sarcini ale acestora.

Acest lucru conduce la o nouă complicaţie: analiza sarcinilor. Ce sarcina este implicata? Acest lucru depinde ce înţelegem prin sistem. Dacă mi-am planificat să îmi cot maşina pentru un raliu a doua zi şi să o arat altor împătimiţi de automobile, atunci pot foarte bine să numesc zgârietura un accident. Din punctul meu de vedere, sistemul implica participarea mea la raliu şi cunoaşterea altor oameni, impresionarea acestora şi lăudarea maşinii mele, iar acest lucru nu se mai poate realiza. Dacă stâlpul ar fi fost îndoit atât de mult încât să nu mai permită intrarea altor maşini în parcare şi ar fi fost puşi în de ceea ce am făcut, atunci putem spune că este vorba despre un accident. Conducătorii auto vor informa personalul personalul care se ocupa de îngrijirea parcării ca: «A avut loc un accident, stâlpul este îndoit atât de tare încă de abia pot intra în parcare.». Stâlpii de separare a locurilor fac parte din sistemult de funcţionare al parcării; prezentarea unei maşini frumoase, bine întreţinute face parte din sistemul de recreere. Evenimentul stinghereşte aceste sisteme.

Dar exista de asemenea grade de punere în dificultate a sistemelor. Zgârietură de pe de Sotoul meu nu va afecta în mod vizibil desfăşurarea raliului sau dacă nu voi mai participa deloc fiind ruşinat de starea în care se afla maşina mea. Dar sistemul meu va fi serios afectat dacă nu voi mai participa deloc şi voi sta acasă în loc să cunosc şi să impresionez alţi oameni. Gradul de deranjare a sistemului este deci legat de modul în care definesc sistemul. Dacă raliul este sistemul pe care îl analizez, atunci nu puteam vorbi despre un accident. Dacă sistemul este compus din grija mea pentru maşini, atunci este vorba despre un accident. Eşecul tubului unui generator de aburi într-o centrala nucleară cu greu poate fi catalogată ca fiind altceva decât un accident pentru centrala dar şi pentru utilitatea acesteia. Dra de asemenea este ca adevărat ca poate sau nu poate avea un efect important asupra sistemului nuclear din S.U.A…

Până acum am definit accidentul ca fiind un rău neintenţionat asupra unor oameni sau obiecte care afectează funcţionalitatea sistemului pe care alegem să îl analizam. Dar de asemenea putem afecta funcţionalitatea unui sistem prin avarierea simbolurilor, a cailor

de comunicare, a legitimităţii sau a numărului de factori, care nu sunt strict oameni sau obiecte. Aceasta observaţie va deveni importanta dacă vom considera aceste organizaţii, universităţi.

Un accident implica aşadar o avarie a sistemului, care întrerupe producţia prezenta sau viitoare. Dar nu toate aceste întreruperi trebuie clasificate ca şi accidente; pagubele trebuie să fie cu adevărat substanţiale. În centrala nucleară, căderea momentana a sursei de curent (curentul intra în centrala pentru a pune în mişcare maşinăriile), deoarece indica faptul ca reactorul trebui oprit. În mod similar, o problemă la o valva se va solda cu închiderea ei. Dar nu vom numi aceste întâmplări accidente, chiar dacă ele nu au fost dorite şi au consecinţe nefericiteinlocuirea sursei de current putând să se ridice la zeci de mii de dolari înainte de a putea porni reactorul şi de a putea reîncepe activitatea centralei. Îl vom numi «incident». Deşi reactorul a fost oprit, nu s-a înregistrat nicio paguba. În acest caz vom avea nevoie de un criteriu arbritar pentru a distinge între evenimente" minore" precum acesta şi accidente. Mai mult decât atât vom avea nevoie de un plan care să poată fi aplicat în mod egal atât generatorului cu aburi, cât şi centralei sau industriei energiei nucleare.

Propun ca sistemul să fie împărţit pe patru niveluri. Evenimentele care afectează nivelurile trei şi patru vor fi numite accidente, iar cele care afectează primul şi al doilea nivel, incidente. Este un plan care nu necesita multă atenţie în aplicare, în toate părţile acestei cărţi; uneori, îl vom ignora şi vom vorbi chiar neglijent despre accidente atunci când înţelesul este evident. Dar este important în selecţionarea accidentelor pentru analiza, pentru înţelegerea mecanismelor de siguranţă, dar şi pentru analiza riscului; uneori poate juca un rol crucial.

Să privim centrala nucleară ca un sistem. O parte va fi primul nivelsa spunem, valva. Acesta este cel mai mic component al sistemului şi este foarte probabil să fie identificat în analizarea unui accident. un ansamblu de elemente legate între ele prin funcţionalitate, cum ar fi de exemplu cele care alcătuiesc generatorul cu aburi, vor fi numite o *unitate* şi vor reprezenta nivelul doi. Un ansamblu de unităţi, precum generatorul şi sistemul de întoarcere al apei care conţine polizoare condensate şi pope, motoare şi ţevi, vor alcătui un *subsistem*, în acest căzu al doilea sistem de răcire. Acesta este nivelul trei. O centrală nucleară ar în componenta sa în jur de 24 de subsisteme.

Toate alcătuiec nivelul patru sau sistemul. Dincolo de acesta este mediul înconjurător.

Conform acestui plan, rezervam termenul de accident pentru cazuri serioase, adică acelea care implica nivelurile trei şi patru; folosim termenul de incident pentru acelea care produc pagube la primele două niveluri. Tranziţia dintre accident şi incident este legătura care le permite inginerilor de risc (ESTS) să intre în joccomponentele redundantecare pot fi activate, închiderile de urgenta, supresoarele de urgenta, precum «core spray» sau proviziile de urgenta precum pompele cu apa. Planul are ambiguităţile sale deoarece putem contesta a nesfârşit graniţa dintre niveluri, dra este în acelaşi timp flexibil şi adecvat scopului nostru. Trebuie să fie flexibil deoarece câteodată poate vrem să considerăm racheta Apollo şi modulele sale un sistem, iar în alte dăţi consideram toţi satelit un sistem. Ceea e consideram a fi un accident în primul caz, în cel de al doilea va fi un incident.

Acum suntm pregătiţi să dăm o difinitie formala. Un accident este un eşec al unui subsistem sau al unui sistem, care produce mai multe pagube decât eşecul unei unităţi şi întrerupe atât sarcinile prezente cât şi pe cele viitoare ale sistemului. Un incident implica limitate la anumite parţi sau la o unitate, chiar dacă eşecul întrerupe activitatea sistemului sau nu. Prin întrerupere înţelegem încetarea sau scăderea randamentului până la momentul reparării necesitate. Din moment ce am trasat graniţa dintre unitate şi subsistem şi din moment ce mulţi EST sunt adunaţi în jurul acestei linii ei sunt unul dintre elementele care cedează.

VICTIMELE

Este de notat faptul ca în limbajul comun, nu am dedicat o parte explicita din definiţie pentru pagubele umane. Acest lucru s-a întâmplat datorită faptului că suntem interesaţi cu predilecţie de sisteme şi de modul de funcţionare al acestora. Fiinţele umane fac parte din toate sistemele menţionate în carte şi un grup de oameni precum echipajul de zbor al unei aeronave, sau un singur omun astronaut în capsula cosmicapot constitui un subsistem. Avarierea lor ne demonstrează că este vorba despre un accident.

Dar este important în analize să tratam oamenii în majoritatea sistemelor ca fiind simplu oameni. În industria S.U.A. mor anual 5.000 de oameni. Marea majoritate a acestor accidente sunt doar «incidente»

din punctul de vedere al schemei noastre, pentru ca niciun sistem sau niciun subsistem nu cauzează moartea acestora. Doar o «parte» a fost distrusă.

Sunt conştient de faptul ca acest lucru poate suna crud, însă în timp ce ultimul concept al acestei cărţi reduce actualul potenţial al pagubelor la oameni, cred că acest caracter al sistemelor care cauzează aceste daune în aşa fel încât avem nevoie de o definiţie concentrata pe caracteristicile sistemului. Eşecul a ceea ce am numit parţi, elemente, joaca un rol vital în eşecul subsistemului şi sistemului, dar dacă analiza este limitata la acesta, ne vom pierde din vedere sistemele pe care liderii guvernamentali şi cei economici cred că ar trebui să le construim. Analiza noastră va trebui să fie una a sistemelor şi a prăbuşirilor scărilor care vor deveni simplu, incidente.

Mai important decât atât, suntem preocupaţi de acele sisteme care au potenţial catastrofic-pot pagube umane însemnate. Grija noastră nu sunt manufacturierii care lucrează cu conştiincios cu diferite maşinării sau oamenii de ştiinţe care creează din greşeala condiţiile critice pluoniului cu care lucrează şi astfel se iradiază. Preacutiile mai mult sau mai puţin obişnuite şi antrenamentele vor reduce apariţia acestor accidente; atenţia minima în mine, reduce considerabil numărul total de morţi anual. Pentru a le aduce în lumina, ne om întoarce la schema clasificării victimele care va fi folosita pe tot parcursul cărţii.

Cele mai multe lucrări legate de siguranţă şi accidente cu victimele se ocupa de ceea ce am numit anterior victime ale primelor două niveluri. Dar în această carte suntem preocupaţi de victimele care apar la nivelul trei sau patru. Pe scurt, victimele care apar la primul nivel sunt operatorii, cele de la nivelul doi sunt reprezentaţi de personalul non-operativ sau cei care folosesc sistemul pe post de mijloc de transport-pasagerii unui vapor, victimele de la nivelul trei sunt martori nevinovaţi, iar victimele de la nivelul patru sunt fetii sau generaţiile viitoare. În general, pe măsură ce ne mutam de la operatori la generaţiile viitoare, numărul de persoane implicate creste în progresie geometrica, activităţile riscante sunt mult mai puţin remunerate, iar riscurile cresc. Vom arunca o privire mai amănunţită asupra celor patru clase de victime.

Victimele din prima clasa sunt operatorii sistemului. În această carte, prin operatori înţelegem nu numai persoanele care conduc

efectiv sistemul (operatorii din centrala nucleară, piloţii), dar şi persoanele care lucrează acolo în timpul turelor normale, precum supervizorii, personalul de îngrijire, inginerii de nivel mai scăzut, şi cei care lucrează în laboratoare. Cele mai multe accidente industriale implica operatorii, de fapt majoritatea implica doar operatorii. Cele mai multe accidente sunt datorate „erorilor de operare" sau a „erorilor umane" de către cei care studiază şi încearcă să preîntâmpine asemenea accidente. Se observa o creştere a identificării, iar acest lucru este o simplificare exagerata; mai rău decât atât, conduce la învinuirea victimelor. Sugerează de asemenea o eroare nevoita sau poate conştientă; de exemplu, în multe locuri de muncă, opreatorul este nevoit să ignore precauţile de siguranţă dacă acesta câştiga destul pentru a-şi păstra locul de muncă, dar atunci când este omorât sau mutilat, este considerat responsabil. Unii operatori sunt plătiţi în plus pentru riscurile pe care şi le asuma, pe măsură ce gradul acestor creste, dar în industrie, privita ca un întreg, nu exista o legătură clara între risc şi salariu1. Nu exista pieţe incoruptibile pentru indivizii care îşi risca viaţa pentru salarii mai mari. Într-adevăr, «săritorii» şi «băieţii luminoşi» din industria nucleară, ajuta temporar în zonele radioactive prin efectuarea de repărţii şi sunt angajaţi pentru două sau trei săptămâni şi sunt plătiţi cu 6 dolari pe ora deşi sunt iradiaţi puternic în cele câteva minute pe care le petrec în interiorul centralei2. Nu exista evidente ale compensaţiilor pentru efectele pe termen lung ale substanţelor toxice sau a aerului contaminat. Muncitorilor din industria textila nu li se oferă compensaţii pentru bolile de plămâni şi nici muncitorilor care lucrează cu plante toxice, care sunt expuşi la cancer în următorii 20 de ani.

Victimele din a doua categorie sunt cele asociate sistemelor ca fiind utilizatori sau furnizori, dar nu au influenta asupra acestuia. Nu sunt martori nevinovaţi ca victimele din a treia categorie, deoarece sunt conştienti9 sau ar putea fi informaţi) de riscurile la care se expun, deşi aceste expuneri nu sunt în totalitate voluntare. Cea mai mare parte din aceasta categorie este alcătuită din pasagerii vaselor, trenurilor, maşinilor sau autobuzelor. Prin extindere putem afirma ca ei aleg să ia parte la acel sistem, şi aleg să îşi asume riscurile. Dacă accept să mă conducă acasă de la o petrecere un şofer neexperimentat, accept riscul. Diferenţa dintre primele două niveluri de victime din punct de vedere a acceptări voluntare a riscului poate să pară

insesizabila dacă ar fi să comparam un şomer care decide să se angajeze pe un post care implica riscuri şi un angajat care trebuie să călătorească în mod repetat în pentru a-şi păstra slujba. Dar exista de asemenea şi exemple mai puţin confuze. Compararea victimelor din a doua categorie cu martorii nevinovaţi, ilustrează natura voluntara a formatorului: alte sentimente avem fata de pasagerii omorâţi în timpul unui accident aeronautic decât o facem pentru martorii care au murit la sol în timpul aceluias eveniment. Pasagerul îşi asuma riscul zborului, pe când martorul nu.

Mai exista şi alte tipuri de victime care aparţin celui de al doilea nivel. De exemplu, să ne gândim personalul dintr-un birou care a rănit într-o explozie la o rafinărie sau şoferul unui camion care livra bunuri şi se întâmpla sa se afle în zona în momentul exploziei. Acestea sunt acte voluntare ale unor indivizi care aleg să activeze în cadrul sistemului, dra care nu au nicio influenta asupra operatorilor. Mai mult decât atât, fără aceşti participanţi din a doua categorie, nu ar exista un sistem. Rafinăria nu ar putea funcţiona.ca şi pasagerii, aceştia fac parte din sistem şi îşi asuma o parte din riscuri.

Victimele din a treia categorie, martorii inocenţi, nu au nicio implicare în catrul sistemului. Am auzit ca unii partizani nucleari au avut dispute în cadrul unei conferinţe în cadrul căreia se stabileau scopurile ce priveau siguranţa în centralele nucleare, conform cărora oamenii pot decide să nu trăiască în apropierea centralelor (sau să evite să participe la evenimente care au loc pe un stadion ce se afla pe ruta unui avion al O'Hare). Dar cred că aceste argumente pot fi eliminate. Centralele nucleare se afla în apropierea zonelor foarte populate din S.U.A.; pur şi simplu nu exista niciun sens în a încerca să evităm să ne aflam într-o raza de 50 de mile în jurul lor. Chiar dacă am putea, o puternica topire a miezului soldata cu crăparea containerului, chiar şi în cazul unor condiţii meteo normale, s-ar solda cu iradierea zonelor din jur, ajungând la o suprafaţă cât întregul Nord-Est. Plutoniul care ar fi putut ateriza în Madagascar în timpul reintrării navei Apollo 13 în atmosfera preacontamina martori inocenţi dintr-o parte a pământului pe care unii o credeau sigura pentru asemenea dezastre ale tehnologiei înalte. Oamenii sunt conştienţi de riscurile pe care le presupune un zbor, dar bănuiesc ca majoritatea oamenilor care locuiesc în avalul marilor diguri nu realizează faptul ca digul este atât de aproape de ei pentru a le pune în pericol viaţa în cazul în care

cedează.

Victimele de la al patrulea nivel, în mare parte sunt victime ale radiaţiilor şi ale substanţelor chimice. Sunt fetuşii care au fost expuşi în timpul radiaţiilor. Viitorii copii care au fost afectaţi nu vor putea avea copii; iar copiii totuşi născuţi vor avea deformări; toţi aceşti oameni vor fi contaminaţi în viitor de substanţe reziduale, incluzând acele substanţe care vor deveni mai concentrate pe măsură ce urca în lanţul alimentar. Este de notat faptul ca nu vorbim aici despre poluările RUN-OF-THE-MILL. Centralele nucleare pot emite regulat radiaţii în doze destul de mari pentru a afecta fetuşii sau contepentele reproductive viitoare, aşa cum unii oameni de ştiinţă afirma (deşi unii neaga), dar aceste consecinţe nu sunt rezultatul unor accidente. (Deşi unii ar putea contrazice faptul ca aceste radiaţii sunt un element de eşec care deşi ar trebui, nu afectează randamentul). Aşa cum nu sunt nici poluanţii din industriai centralelor o grija aici, doar dacă sunt deversaţi în cazul unui accident. Acest proces şi cea mai mare parte a poluărilor conştiente ale planetei probabil că au consecinţe mai serioase pe termen lung decât orice accidente la care ne referim în această carte, în afară de accidentele militare, dar acestea se afla în afara atenţiei noastre.

Importanta victimelor din a patra categorie în analiza riscului creste odată cu creşterea interesului şi a gradului de complexitate pentru consecinţele pe termn lung ale acestor sisteme. Totuşi identificarea lor este încă greoaie. O scurta versiune a NRC-ului «Scopurile de siguranţă ale centralelor nucleare» indica faptul ca în timp ce NRC-ul era conştient de riscurile «dintre generaţii», riscurile provenind de la accidentele centralelor nucleare, vizând efectele genetice p termen lung ale contaminării, «nu putem o metodă mai buna de a face fata acestor probleme în contextul scopurilor de siguranţa». Aceste concluzii răspund la întrebarea despre consecinţelor accidentelor spunând că sunt triviale pentru că vor apare câteva asemenea accidente.

Victimele din a patra categorie pot constitui cea mai serioasa parte a victimelor. Contaminarea cu substanţe toxice sau radioactive a terenurilor pot avea efecte îndelungate asupra sănătăţii viitoarelor generaţii. Defectele genetice pun în pericol generaţiile viitoare în alte moduri, incluzând povara victimelor de a face tratament toată viaţa. Generatille viitoare vor duce în spate aceeaşi povara; generaţiile din

present culeg orice recompense pot din activitatea lor.

Aceste probleme sunt relative noi-mai puţina generaţie mai bătrână. Nişte influenţi oameni de ştiinţă şi academicieni, în timpul workshop ului care încerca să formuleze scopurile de siguranţă pentru NRC s-au contrazis în legătură faptului că generaţiile prezente sunt mai importante decât cele viitoarede aceea avem nevoie de puterea nucleară pentru a preveni crizele economice sau politicesi cine ştie, poate să apară o incaractura tehnologica care să micşoreze povara viitoarelor generaţii în contextul unui accident din prezent. Astfel, cel puţin unii experţi nu văd problema ca fiind clar în afara responsabilităţii noastre fata de generaţiile viitoare. Pe de altă parte, alţi experţi cred că avem o responsabilitate pe care trebuie să o transmitem urmaşilor nostrio lume mai puţin contaminata şi degradata decât ce ape care am moştenit-o noi.

DEFINIREA ACCIDENTELOR

Acum avem o definiţie a accidentelor, făcând diferenţa dintre ele şi incidentele, pe baza sistemului de niveluri. Următoarea lista le prezintă şi aduce în plus definirea a încă două tipuri de accidente: accidentele datorate eşecurilor componentelor şi accidentele datorate întregului sistem, care acum vor fi dezbătute.

Sistemele sunt împărţite în patru niveluri, ierarhizate în funcţie de gradul de agreagare: unităţi, parţi, subsisteme şi sisteme.

Incidentele presupun pagube să eşecuri ale părţilor sau unităţilor, chiar dacă acest eşec poate afecta randamentul sistemului sau se poate extinde pana când sistemul va trebui oprit.

Accidentele presupun pagube la nivelul subsistemului sau a sistemului în întregime, oprind sarcinile alecstora sau extinzându-se pana când situaţia va trebui manevrata corespunzător.

Accidentele cauzate de eşecul componentelor implica unul sau mai multe eşecuri ale componentelor (parşi, unităsi sau sisteme) care sunt legate anticipativ, succesiv.

Accidente ale sistemelor implică o interacţiune neanticipata a multiplelor eşecuri.

Accidentele cauzate de eşecul componentelor şi accidentele istemelor sunt separate pe baza unei sau mai multor interacţiuni ale eşecurilor, anticipate, prevăzute sau înţelese de persoanele care construiesc sistemele şi de către cei care sunt antrenaţi adecvat pentru a opera în aceste sisteme. Un accident al sistemului, în definiţia

noastră, trebuie să conţină mai multe eşecuri şi este foarte probabil să fie într-o relaţie de dependenta cu unităţile şi subsistemele. Nu sursa accidentelor realizează diferenţa dintre ele, din moment ce amândouă tipurile încep cu un eşec al componentelor; este de fapt prezenta unuia sau a mai multor eşecuri care interacţionează într-un mod neanticipat.

Marea majoritate a eşecurilor componentelor implică o serie de eşecuri. Dacă o valvă se defectează, este foarte probabil să pompeze cu prea multă căldură şi să se defecteze şi dacă acest lucru se întâmpla, boilărul se va supraîncălzi din cauză că răcitorul nu va mai face faţă. Constructorii ştiu acest lucru, la fel şi operatoriidesi poate nu pot preveni acest lucru sau nu pot interveni în seria de defecţiuni. Vor apare unele accidente, totuşi, acolo unde defecţiunea iniţială este minoră, nu are rost să urmărim succesiunea următoare dacă aceasta nu există. Dacă o aripă a avionului se desprinde în zbor, sau un cutremur sfărâma un dig, atunci nu avem nevoie de analiză. Acestea pot fi numite „accidente finale”; nu este posibilă nicio intervenţie din partea operatorilor, şi nu are niciun rost să evaluăm succesiunea evenimentelor. Pe parcusrul cărţii nu vom întâlni niciun astfel de exemplu; în primul rând sunt extrem de rare, dar mai important, analizarea sistemelor în sine nu contribuie la înţelegerea acestor accidente.

Incidentele sunt de departe cele mai neplăcute evenimente din cadrul unui sistem. Accidentele sunt mult mai puţin frecvente. Printre accidente, defectele componentelor sistemelor sunt mult mai precvente decât accidentele sistemelor. Nu există nicio modalitate de a etima frecvenţa acestora. Pentru sistemele analizate în această carte, cea mai mare parte a informaţiilor din eşecurile de siguranţă care trebuie raportate de centralele nucleare din S.U.A… Aproximativ 3.000 de Rapoarte Autorizate sunt predate în fiecare an de 70 de centrale. Bazându-mă aceste rapoart, estimez că 300 din cele 3.000 de evenimente pot fi numite accidente; 15 până la 30 dintre acestea sunt accidente ale sistemelor. Până acum, sau în conformitate cu ce ştim până acum, toate eşecurile sistemelor şi ale componentelor din cadrul accidentelor din centralele nucleare doar victime din primul nivel şi în număr foarte mic.

INTERACŢIUNI COMPLEXE ŞI LINIARE

Ce tip de sisteme sunt cele mai predipuse la accidente? În ultimul capitol am tot menţionat două concepte: interacţiunea, care

poate nedumeri operatorii şi strânsa racordare, care poate preveni refacerea rapidă a sistemului după un accident. Cu o definiţie mai precisă a acestor doi termeni putem clasifica sistemele şi putem fi preveniţi despre cele care sunt predispuse la accidenteale sistemelor. Vom discuta întâi despre interacţiuni.

Noţiunea de inducere în eroare este foarte familiară pentru noi toţi. Caracterizează lumea noastră politică şi socială precum şi pe cea tehnologică şi industrială. Pe măsură ce sistemele cresc atât în mărime cât şi din punct de vedere al funcţiilor pe care le îndeplinesc şi sunt construite în aşa fel încât să funcţioneze în condiţii de mediu ostile, cresc şi legăturile cu alte sisteme, experimentând interacţiuni din ce în ce mai neaşteptate şi mai de neînţeles. Devin mult mai vulnerabile la evitarea accidentelor sistemelor.

Interacţiunea în sine nu este un concept folositor. Aproape toate organizaţiile, de orice mărime, fie publice sau private, au multe părţi care interacţionează între ele, pe măsură ce ne uităm mai atent la ele. Existenta multor părti nu este o problemă pentru operatori sau pentru constructorii de sisteme, dacă interacţiunile lor sunt evidente şi de aşteptat. Dacă o parte sau o unitate cedează în adunarea sarcinilor, este previzibil ce se va întâmpla cu părţile sau unităţile sistemului şi vom şti ca producţiile anterioare vor începe să se adune rapid. Putem oprim sarcinile şi putem să reparăm componentele, sau putem să punem sarcinile în stand-by şi să reparăm elementele stricate, sau temporar să oprim activitatea. Acestea sunt interacţiuni liniare: producţia continuă printr-o serie de paşi. Nu contează prea mult dacă este vorba despre 1.000 de părti sau 1000.000. Este uşor de detectat o defecţiune şi ştim că efectul ei va fi o condiţie adiacentă. Se va produce o acumulare în viitor şi producţia incompletă va conduce la un eşec. Multe din planurile noastre de viaţa sunt construite în aşa fel.

Dar dacă părţile, unităţile sau susbsistemele (componentele) îndeplinesc mai multe funcţiuni. De exemplu, un radiator poate încălzi atât gazul din rezervorul A cât poate fi folosit ca un schimbător de căldură pentru a absorbi excesul de căldură din radiatorul chimic. Dacă radiatorul cedează, rezervorul A vă fi prea rece pentru recombiarea aşteptată a moleculelor gazoase şi în acelaşi timp, reactorul chimic se va supraîncălzi deoarece excesul de căldură nu va fi absorbit. Acesta este un model bun pentru un radiator pentru că economiseşte energie. Dar interacţiunile nu mai sunt liniare.

Radiatorul va avea, ceea ce inginerii numesc, „modelul funcţiunilor comune" serveşte două alte componente şi dacă cedează, amândouă funcţiunile (încălzirea rezervorului şi răcirea reactorului) vor eşua. Începe să devină din ce în ce mai complex.

Sursa acestei complexităţi a fost foarte greu de detectat în cazul centralelor nucleare. Primul model analitic care ia în considerare eşecul modelelor comune a apărut în 1967, conform unui articol îngrijorător al unuia dintre editorii revistei „Nuclear safety", E.W. Hagen4.

Studiul monumental asupra siguranţei reactoarelor din 1975, WASH-1400 sau Raportul Rasmussen a fost criticat de un studiu ulterior al NRC pentru simplificarea şi pentru analizarea superficială a problemei. Hagen afirmă ca potenţialul eşec al modelelor comune sunt" rezultatul creşterii complexităţii designului sistemelor". În mod ironic, în multe dintre cazuri, complexitatea creste tocmai pentru a reduce numărul eşecurilor modelelor comune. Adăugarea componentelor excesive a fost principala scuză, dar aşa cum a punctat Hagen, şi sursa principala a eşecurilor. „Trebuie notat faptul că, toate propunerile de reparare sunt mai mult sau mai puţin asemănătoaremai multe componente, ce conduc la creşterea complexităţii sistemelor". Studiul Rasmussen, bazat pe „PRA" (analiza probabilităţii de risc), consideră topirea miezului virtual imposibilă. Hagen notează (p.191) ca PRA, utilizând tehnici consacrate ale siguranţei şi analizei statistice, constituie principala sursa de liniştire a populaţiei în ceea ce priveşte asemenea riscuri. De asemenea, vorbeşte despre implicarea restrângerii definiţiei eşecurilor modelelor comune şi despre analiştii ce lucrează într-un domeniu care nu este prezentat ca fiind principala problemă. Principala problemă este complexitatea însăţi, pe care Hagen o dezaprobă. Noi suntem de acord cu această idee.

Eşecurile modelelor comune sunt un indicator al interacţiunii ce are loc într-un sistem. Apropierea şi sursele de informarea indirecte sunt alţi indicatori. Pentru o ilustrare grafică a complexităţii în formarea interacţiunii neanticipate ale acestor surse, să ne gândim la un sistem diferit, transportul maritim.

Nava tanc, Duntless Colocotronis, călătorind pe Mississippi, aproape de New Orleans, a atins în treacăt vârful unei epave scufundate. Epava a fost însemnată greşit pe unele hărţi maritime. Mai

mult decât atât, ea se afla mai aproape de suprafaţă decât era indicat pe hărţi deoarece adâncimea apei fusese măsurată atunci când canalul era mai adânc, iar lista pentru navigatori nu a fost corectată pentru anotimpurile în care râul era mai scăzut. Epava, la câţiva metri de nava petrolieră, a făcut o zgârietură pe fundul acesteia şi petrolul a început să curgă. Din păcate, tăietura a apărut exact în momentul în care a intrat în camera de pompare. O parte din petrol s-a scurs în această cameră. Probabil, la început, s-a scurs mai încet, dar căldura din cameră l-a făcut mai vâscos, permiţându-i să curgă mai rapid, pătrunzând în cameră. Când s-a acumulat suficient de mult, petrolul a atins supapa de strângere din jurul unui mâner de pe podea care pătrundea în camera motoarelor de lângă. Acum petrolul se scurge în camera motoarelor. Datorită căldurii, evaporarea se producea rapid, creând un gaz exploziv. În camera motoarelor se produce întotdeauna o scânteie, de la motoare sau chiar de la părţile componente ale motoarelor care se ciocnesc unele de altele. (De fapt, chiar şi o frânghie de nylon poate produce o scânteie suficientă pentru a cauza o explozie în interiorul navei.). Când s-a produs suficient gaz, s-a aprins cauzând o explozie şi foc.

În acest exemplu, o conexiune neanticipată dintre două sisteme independente, care din întâmplare erau în apropiere, au interacţionat, lucru care cu siguranţă nu a fost planificat, aşteptat şi care nu era liniar. Operatorii sistemului nu aveau cum să ştie că acea atingere dintre navă şi epavă a creat o fisură care va produce substanţe explozive sau inflamabile ce vor pătrunde în camera motoarelor; sau că îndată ce au trecut câteva minute, a avut loc un incendiu, sau că o mare cantitate de petrol a participat la acest lucru. Au încercat să stingă focul cu jeturi de apă, probabil neştiind că era vorba despre un incendiu cauzat de petrol şi că apa va împrăştia petrolul şi îl va transforma în mici particule, mult mai inflamabile.

Acest accident a durat mai multe ore deoarece echipajul a făcut mai multe greşeli (exemplu: o uşă cheie în acest incendiu a fost lăsată larg deschisa permiţând focului să se extindă) şi nu ştiau exact locaţia sau căile de acces de pe navă. Mai târziu, o echipă antrenată a urcat la bord, având în dotare echipamente de protecţie şi stingătoare. Dar când au deschis o uşă, au descoperit o serie de incendii. Au închis imediat uşile şi nu au încercat să stingă focul cu în acea parte a navei, crezând că petrolul a produs gaze explozive. Mai târziu s-a determinat

faptul că nu au fost implicate gaze explozive, în schimb, trei rezervoare mici, goale au fost depozitate în spatele uşilor înainte de a fi schimbate cu altele pline şi au explodat atunci când s-a extins căldura de la cantităţile reziduale de freon, oxigen şi acetilenă până la ele6.

Astfel, chiar şi în etapa de recuperare de după accident, a intervenit o interacţiune neliniară care a îngreunat încercările de recuperare. Era un loc periculos de depozitare a rezervoarelor; cine ţi-ar fi imaginat că ar putea apărea un incendiu acolo, că pompierii nu vor fi siguri de prezenta amestecului de gaze în spatele uşilor sau că acele rezervoare vor exploda exact în momentul în care pompierul va intra în cameră. Cerinţa de a depozita rezervoarele goale în altă parte nu ar face nava mai sigură; cine poate ştii unde va fi următorul incendiu.

Reamintind ilustraţia cu care am început cartea, făcea referire la trei „subsisteme": micul dejun, ajungerea la întâlnire şi interviul pentru o slujbă. În lumea în care ne facem planurile şi în care gândim, aceste trei subsisteme par o problemă liniară şi foarte clarăcumpărarea de mâncare şi cafea, urcarea în maşină, şi condusul până la locul interviului. Unii se aşteaptă ca cheile de la maşină să fie legate de utilizarea maşinii, dar nu se aşteaptă la o legătură între cafetieră şi utilizarea maşinii. De asemenea nu s-ar aştepta ca stricarea maşinii şi alternativă taxiului să conducă la o dispută asupra contractului şi că maşina vecinului să nu fie liberă chiar în acea zi. Acestea rerezintă interacţiuni care nu se află în designul iniţial al lumii noastre şi pe care, noi ca operatori nu le putem anticipa şi nici nu ne putem păzi de ele. Ceea ce face diferenţa dintre aceste interacţiuni este faptul că nu au fost prevăzute de niciunul dintre noi în aceste sisteme, nimeni nu a vrut să fie legat de ele. Aceste ne induc în eroare pentru că noi acţionăm în termenii modelului nostru de mediu, care ne aşteptam să existe-dar lumea este diferită.

Mă voi referi la aceste tipuri de interacţiuni prin termenul de „interacţiuni compleze" sugerând că sunt căi ramificate, bucle de feedback, sărituri de la de la secvente liniare la altele datorită proximităţii şi a anumitor elemente pe care le vom explora rapid. Conexiunile nu sunt numai adiacente, în serie, ci se pot multiplica ca părţile, unităţile sau subsistemele pe care le influenţează.

Interacţiunile mai comune, cele pe care intuitiv încercăm să le construim datorită simplităţii lor şi a nivelului de înţelegere, le voi

numi „interacţiuni liniare”. Acestea sunt predominante în toate sistemele. Dar chiar şi cele mai liniare sisteme vor avea cel puţin o sursă de interacţiuni complexe, mediul înconjurător, din moment ce influenţează multe părti sau unităţi din sisteme. Mediul înconjurător însuşi poate constitui o sursă de eşec care este pentru multe componente-un model comun de accident. Dar chiar şi cel mai complex sistem, de orice mărime va fi construit la început din interacţiuni liniare, planificate, vizibile.

Bazându-mă pe cunoaşterea generală a mai multor sisteme şi pe o experienţă considerabilă în citirea rapoartelor accidentelor, sugerez ca doar 1% dintre toate posibilele părti sau unităţi dintr-un sistem liniar e capabil să genereze interacţiuni complexe, în timp ce aproximativ 10% dintre acestea, în cadrul unui sistem complex vor fi capabile să facă acelaşi lucru. Dar aceste 10 procente reprezintă mai mult decât înzecirea a potenţialului accidentelor sistemului. Potenţialul interacţiunilor produs, să zicem de 4 unităţi sau părti interdependente într-un mod mai mult complex decât liniar, este 12. (sunt 12 căi posibile între cele 4 unităţi) Să presupunem că acest lucru se întâmplă într-un sistem alcătuit din400 de părti sau unităţi. Dacă 10% dintre unităţi au aceste caracteristici, în loc de 1%, vor fi 40 asemenea părti sau unităţi. Potenţialul interacţiunilor complexe a fiecăreia dintre ele cu cele 399 rămase va ajunge la ordinul milioanelor, din moment ce potenţialu creste exponenţial. Desigur, într-un sistem mare, unele dintre părti sunt astfel îndepărtate unele de altele, încât şansele ca ele să interacţioneze în moduri neaşteptate nu sunt de luat în considerare; dar multe dintre ele nu sunt îndepărtate. Astfel, mărind proporţiile posibilelor interacţiuni complexe de la 1% la 10% va avea un impact enorm asupra potenţialului de accident al sistemeloravând în vedere acest lucru, din moment ce nimic nu este perfect, defectarea componentelor este inevitabilă.

Posibilitatea multor interacţiuni neintenţionate este recunoscută de constructori, aşa că introduc amortizoare şi alte mecanisme de siguranţă pentru a preveni unele interacţiuni. Imaginaţi-vă un chimist dintr-o centrală unde scurgerea gazului din rezervorul A în rezervorul B este prevăzută datorită faptului că presiunea din rezervorul A este menţiunută mai ridicată decât în rezervorul B. Numeroase lucruri pătrund în rezervorul A în afara gazuluireactivi, purificatori, gaze inerte ş.a.m.d… Apoi, gazul trece în

rezervorul B, unde sunt pompate substanţe adiţionale care modifică şi mai mult compoziţia. Este un proces liniar şi clar.

Dar există pericolul de a deveni neliniar. Bucla feedback ului poate apare în cazul în care presiunea din rezervorul A scade din cauza unei defecţiuni de aici sau din altă parte şi gazul modificat se poate scurge în sens invers. Acest lucru poate crea probleme sau poate deveni chiar periculos. Inginerii sunt conştienţi de acest lucru aşa că au proiectat o valvă sub formă de fluture care va fi montată între cele două rezervoare pentru a preveni scurgerea în sens invers. Un mecanism de siguranţă (ESD) este instalat pentru a menţine sistemul cât mai liniar cu putinţă (în acest caz, scurgerea într-un singur sens). Dar valvele se pot defecta, mai ales cele utilizate rar. Dacă presiunea din rezervorul A ar fi să scadă şi valva în formă de fluture să cedeze, bucla feedback ului se va deschide din nou şi operatorii s-ar putea să nu se aştepte la o asemenea interacţiune. De fapt, acest exemplu este atât de simplu, încât majoritatea operatorilor vor lua în calcul interacţiunea neplanificată ca fiind o posibilitate.

Pentru un exemplu mai complicat care implică chiar şi distanţarea şi independenta unităţilor, să ne amintim de cazul din capitolul trecut, care trata problema necesităţii apei care spăla camera contaminată din centrala nucleară. O valvă a fost deschisă pentru a vedea dacă apa a fost trimisă omului şi seriile complexe de întoarcere a apei şi ajustările presiunii au permis materialelor radioactive să pătrundă în container. Nu a fost nimic liniar în acest exemplu, de la operatorii din container, operatorii din camera de control şi până la designerii sistemului. Aşa cum nimeni nu a făcut o eroare în alcătuirea planului sistemului. Pe urmă, îşi pot da seama ce s-a întâmplat şi pot introduce măsuri de prevenire a reapariţiei, dar acest lucru înseamnă transformarea unei interacţiuni neaşteptate, neplanificate dintre două subsisteme, independente în mod normal, păstrarea miezului şi generarea de aburi. Aşa cum am sugerat deja, probabil există un număr de alte interacţiuni complexe gata să fie descoperite de un eveniment întâmplător chiar în acel sistem complex de ţevi.

Interacţiunile liniare sunt în mare parte acelea unei serii de producţii aşteptateacesta este modul în care sistemul a fost creat să funcţioneze şi oricine va lucra cu el va şti acest lucru. Interacţiunile compleze sunt acelea care nu au fost incluse intenţionat în plan. Niciun designer al Daunless Colocotronis nu a zis: „Să punem 5 rezervoare

lângă camera pompelor pentru a le permite să interacţioneze". Pur şi simplu nu se pot izola toate rezervoarele de o cameră unde poate apărea o scânteie. Nici interacţiunile neliniare nu sunt intenţionate şi rareori activate, şi de aceea operatorii sau proiectanţii le scapă din vedere. Se poate ca proiectantul să nu se fi gândit că apa demineralizată ar putea fi de folos într-un rezervor şi ar fi putut să alinieze numeroase valve pentru a procura apa. Dar acest lucru este rar folosit sau, de obicei, sunt aliniate înainte ca echipajul să fie contaminat, robinetul nu creează probleme, nu este vorba despre o producţie segmentată aşteptată, dar nici despre o posibilitate de utilizare o sistemului puţin folosită (în acest caz, pentru menţinere şi nu pentru producţie). Din acest motiv, interacţiunile pot fi neintenţionate sau intenţionate dar nefamiliare.

În timp ce interacţiunile liniare par coplestiare în cazul unei producţii segmantate anticipate, nu există alt fel de interacţiune care să nu apară în producţiile segmentate, dar nici mai puţin observabile şi de aceea ne putem pregătii pentru apariţia lor. Aceasta este o interacţiune vizibilă, chiar dacă are loc în afara segmentării normale. Dacă operatorul unei macarale observa că acea parte a macaralei care tine greutatea (cablul, pârghia, motorul, cârligul) a cedat şi greutatea este pe punctul de a cădea pe container sau pe podea, ca ştii exact ce urmări va avea această interacţiune. Nu este niciun mister legat de legăturile dintre aceste evenimente, deşi nu se afla în mod normal în producttia segmentată. ştiind că există o mică posibilitate ca o încărcătură mare să cedeze, operatorul încearcă de obicei să evite trecerea acesteia peste boiler, dar nu întotdeauna poate realiza acest lucru. În mod similar, proiectantul se poate gândi să acopere boilerul sau să îl mute, dar posibilitatea ca aceste evenimente să aibă loc este prea mică.

Pentru a rezuma munca noastre până acum: interacţiunile liniare sunt acele interacţiuni ale unei componente din sistemul DEPOSE (design, echipament, proceduri, operatori, materiale, mediu înconjurător) cu unul sau mai multe componente care o urmează în segmentarea producţiei. Interacţiunile complexe sunt acele interacţiuni în care o componenteate interacţiona cu unul sau mai multe componente din afara etapelor normale ale producţiei, fie proiectate, fie nu.

Pentru a despre proprietăţile acestor interacţiuni aşa cum

afectează operatorii:

Interacţiunile liniare santé acelea interacţiuni care vin în aşteptarea producţiilor familiare sau a menţinerii segmentării şi acelea care sunt vizibile chiar şi atunci când sunt neplanificate.

Intercaţiunile complexe sunt acele segmentări neplanificate, nefamiliare sau neaşteptate, invizibile sau inexplicabile.

O explicaţie a termenilor „complex" şi „liniar" este necesară. Este dificil să găsim termeni exacţi şi în acelaşi timp concişi; am optat pentru termenii concişi. „Complex" trebuie să fie interpretat ca „interacţiune într-o etapă neaşteptată". O problemă legată de termenii „complex" şi „liniar" este ca anotnimul primula este „simplu", iar al celui de al doilea este „neliniar". Interacţiunile liniare sunt „simple", adică sunt mai uşor de înţeles, dar simplu presupune procese şi tehnologii nesofisticate sau sisteme cu puţine componente sau operaţii de rutinnă, necomplicate şi continuitate. Dar producţiile farmaceutice sau planurile de luptă F-16 deşi sunt liniare, nu sunt nici pe departe simple. Pe de altă parte, „neliniar", nu se traduce prin noţiunea de „de neînţeles" pe care o oferă termenul de „complex". Voi introduce ocazional expresii precum „interactivitate complexă" şi „segmentare liniară" pentru a aduce aminte cititorului că niciunul dintre termenii aleşi nu sunt pe deplin satisfăcători.

Este nevoie de încă un avertisment. Din moment ce predomină interacţiunile liniare şi chiar şi cele mai liniare sisteme pot avea ocazional intercaţiuni complexe, sisteme trebuie să fie caracterizate prin termeni care să surprindă nivelul fiecărei calităţi. Nu este vorba despre o dihotomie. Mai mult deczt atât, sistemele nu sunt strict liniare sau complexe, doar interacţiunile lor sunt. Chiar şi aici trebuie să ne aducem aminte că sistemele liniare au foarte puţine interacţiuni complexe, pe când cele complexe au mai mult decât interacţiuni liniare, dar sunt în număr mic.

În fina, cititorul nu trebuie să creeze o relaţie de sinonimie între noţiunea de sistem liniar şi schema procesului de producţie sau a planului de fabricii. Acesta nu implică neapărat o linie de ansamblu, deşi aceste sisteme de producţie tind să fie liniare. Nici termenul de „sistem complex" nu implică neapărat o tehnologie sofisticată, de ultimă generaţie, numeroase componente, sau multe etape de producţie. Vom caracteriza universitătiile ca fiind sisteme complexe, dar ca majoritatea organizaţiilor mari, au câteva dintre trăsăturile de

mai sus.

Pentru a înţelege sistemele trebuie să privim mai departe de diferenţele dintre cele două tipuri de interacţiuni. Prin examinarea, din secţiunea următoare, a modului în care sistemele fac fată interacţiunilor ascunse, vom explora atributele de bază a sistemelor complexesi vom reuşi să le caracterizăm mai mult decât sistematic.

A face faţă interacţiunilor ascunse

Sistemele liniare au de asemenea interacţiuni ascunse, dar ele apar în cadrul segmentelor segregate şi bine definite ale producţiei şi în menţinerea ei. Controalele, cum ar fi convorbirile, avertismentele luminoase, alarme sonore şi întrerupătoarele simt prezenta acestor interacţiuni, informează operatorii şi le permit să intervină. În sistemele ce au un grad egal de interacţiuni complexe nu există neapărat segmente segregate, bine definite. În locul acestora, unitatea mobilă D poate afecta nu numai unitatea următoare E, ci şi unitatea A sau H. Acest lucru creste numărul de elemente de control ce trebuie instalate şi monitorizate. Panoul de control al centralei nucleare este mai cuprinzător şi mai mare decât cel al unui bazin petrolier sau carbonifer datorită numeroaselor legături dintre componente şi a buclelor de feedback.

În continuare se fac încercări de reducere a numărului de elemente de control prin automatizarea interacţiunilor secundare şi prin lăsarea în grija operatorilor doar a parametrilor principali. Dar acest lucru micşorează flexibilitatea sistemului; operatorul îşi pierde abilitatea de a corecta eşecurile minore a unei părţi în loc să oprească activitatea unităţii sau a întregului subsistem. Operatorul nu poate ieşi nivelul înalt, rezumatul contraolelor ale specificului de nivel înalt necesită acţiuni asupra unei singure parţi. Larry Hieschhorn asigură un exemplu instructiv printr-un articol perceptiv despre limitele sistemelor cibernetice (auto-corectare), pe care îl voi elabora considerabil7.

Să ne imaginăm pistonul unui motor şi o pompă de ulei. Dacă ajung particule în cilindru, probabil în timpul unei proceduri de menţinere, sau o altă parte uzată din alt element, atunci acestea pot provoca o mişcare anormală a pistonului. rezultatul nu este altul decât un randament scăzut a acestei părti a motorului. Un dispozitiv de control monitorizează randamentul (dar nu multe cauze ale reducerii randamentului, cum ar fi particulele străine, pistonul uzat, debitul

scăzut al uleiului, supra sau subîncalzirea). Observând puterea redusă, controlul automat cere mai mult combustibil de la pompă. Acesta compensează pentru noua sursă de fricţiune şi maşinăria funcţionează în mod adecvat, deşi mai puţin eficient. Dar să presupunem că un val de energie este necesitat de motor. Popma de combustibil trebuie să îşi crească randamentul. În curând îşi atinge limitele. Un motor cibernetic tipic va decide acum dacă pompa a cedat; nu va şti că cerinţele pistonului/cilindrului (acum uzat) nu pot fi satisfăcute. Un mecanism de siguranţa intervine şi trimite combustibil de la o altă sursă la cilindru.

Orice lucru se poate întâmpla în acest moment. Dacă prima pompă este lăsată să meargă (cum nu a cedat şi funcţionează în continuare), în curând va fi prea mult combustibil, care ar putea izbucni în rezervor, ar inunda motorul prin scurgerea combustibilului, suprapresurizarea astfel încât combustibilul este forţat să curgă în sens invers (posibilitatea în care designerii nu au prevăzut un mecanism de protecţie), sau ar putea cauza o funcţionare rapidă a motorului care se va supraîncălzi şi vor exploda.

Dacă, în locul celor de mai sus, puterea pompei de ulei este oprită automat din cauză că se crede că ar putea ceda, pompa poate fi oprită cu valvele deschise, decât cu ele închise, aşa cum s-ar întâmpla dacă pompa ar ceda cu adevărat. Acest lucru poate conduce la o scurgere în sens invers sau alte probleme, din moment ce celelalte sisteme nu au fost oprite. Proiectanţii se poate să fi anticipat faptul că dacă o pompă neafectată este oprită se datorează unei căderi de energie care ar afecta celelalte unităţi ale sistemului şi astfel nu ar apare probleme de tipul scurgerii în sens invers a combustibilului. În acest caz, o pompă neafectată pierde din energie, dar menţine setările valvelor, în timp ce alte părti sau unităţi legate de aceasta nu vor pierde din energie şi astfel vor continua să funcţioneze.

După eşec, pompa va fi probabil înlocuită, din moment ce monitorul a indicat că aceasta ar fi cedat. Dar problema va continua să existen în piston; doar doar sistemul cibernetic automat de control credea că problema se datorează pompei. Acest exemplu este fabricat, dar ilustrează dificultatea pe care o au sistemele de control în înţelegerea naturii şi sursei eşecurilor. Într-un sistem fără elemente de complexitate adăugate, un operator căruia i se prezintă aceste secvente va reduce probabil puterea cerută, crezâand că fie motorul,

fie combustibilul nu funcţionează corect, va verifica pompa prin modificarea vitezei motorului şi va ajunge la concluzia că motorul accelerat este problema, ceea ce este de fapt corect.

O limitare a acestui exemplu este că nu există niciun motiv pentru a avea control automat într-un sistem atât de simplu (chiar dacă între motor şi celelalte unităţi sau subsisteme ar fi existat legături nu ar fi recomandabil. Dar în unele sisteme, controlul automat este necesar pentru că pur şi simplu nu este suficient timp ca operatorul să reacţioneze. Reactoarele nucleare proiectate de Babcock şi Wilcox aparţin acestei categorii. Reactorul este extrem de sensibil ceea ce are importante beneficii economice. Dar unele dintre subsistemele sau unităţile lui pot fi prea sensibile. Cu o pierdere de răcitor, operatorul poate avea doar de la 30 până la 60 de secunde ca să reacţionez până când generatorul de aburi seacă. Să luăm în calcul accidentul de la fabrica din Crystal River, Florida din februarie 1980.

Pentru un motiv necunoscut a apărut într-a dintre controalele din camera de control. Personalul de la utilităţi consideră ca accidentul se poate datora înclinării conectării pinului în camera de control, deci aceste dispozitive sunt sensibile, sau proasta funcţiune poate să fi fost cauzată de unele lucrări de menţinere făcute la un panou adiacent. Scurtcircuitul a afectat unele interpretări ale sistemului de control, în particular cel mai important şi mai sensibil fiind răcitorul. Claculatorul a „crezut” ca agentul de răcire a devenit prea rece aşa că a accelerat reacţiile din miez (Reactorul Babcock şi Wilcox operează la temperatură scăzută, într-un mod foarte eficient). Reactorul s-a supraîncălzit, presiunea din miez a crescut până la un nivel alarmant şi atunci reactorul s-a oprit în mod automat. Computerul se afla acum într-un memont de cumpănă şi a comandat corect deschiderea valvelor de presiune (PORV), dar incorect, a comandat ca acestea să rămână deschise până când totul revine la normal. Acesta a fost o eroare din partea sa, deoarece presiunea a scăzut atât de rapid încât a declanşat în mod automat pornirea injecţiilor de presiune şi a rămas aşa, inundând bucla primară de agent de răcireinclusiv miezul, tuburile de aburi şi presurizatorul. O valvă s-a blocat şi 43.000 de galoane de apă radioactivă s-au revărsat pe podeaua clădirii radioactive. Din fericire nu a fost mai rău; după câteva minute un operator a observat eroarea computerului în menţinerea valvei deschisă şi a închis valvele manual. Dacă s-ar fi urmat ordinele

frecvente ale computerului şi dacă operatorul nu s-ar fi atins de sistem până când acesta nu ţi-ar fi făcut rutina, atunci am fi avut de a face cu un reactor ud8.

Operatorii tind să reziste introducerii controalelor de nivel înalt, mai generale, cum ar fi tuburile de catozi ray (CRTS), care produc un ecran de televizor al unui statut al unui număr de unităţi sau subsisteme, deoarece cred că nu pot face selectivitatea interacţiunilor la fel de uşor. Doar aceste controale de nivel înalt pot fi manipulate, cele selective fiind mai dificile pentru că se presupune că acestea nu vor fi necesare. Acestea pot fi scoase din calcul sau accesibile doar printr-o lungă serie de paşi care dezactivează controalele mai generale. Pe de altă parte, operatorii, de asemenea, se plâng de aranjamentele sistemelor mai puţin automatizate care permit selectarea intervenţiilor pentru că se confruntă cu un perete de 15 picioare de întrerupătoare de acelaşi fel cu numere mici deasupra lor. Nici măcar nu sunt grupate în vreun fel care să sugereze modul de operare, ci doar într-un mod în care au fost mai uşor de instalat. Unul dintre cele mai comune exemple de „erori de operare" în cazul centralelor nucleare este, bineînţeles, acţionarea asupra întrerupătorului greşit. Cu siguranţă, alegerea nu trebuie să se reducă la discreţie versus expunerea identică, nesfârşită.

Complicând dilema prea puţine versus prea multe elemente de control ajungem la problema incertitudinii statutului de „neîndeplinire a sarcinilor". Acest statut este statutul normal al controlului; spre exemplu, trebuie să alegem să schimbăm un întrerupător pe „deschis"; prin statut este „închis". Poziţia unei valve este de obicei închisă. Temperatura unei ţevi de drenaj este de obicei rece. Poziţia majorităţii valvelor blocate este închisă. Cineva poate decide să reprezinte statutul de „default" printr-o lumină verde pe panoul de control-puteti acţiona, nu este niciun pericol. Dra altcineva poate de asemenea decide ca verdele să reprezinte valvele deschise sau circuitele deschise la traversarea curentului sunt pornite şi acesta este statutul de „default". Altcineva poate vedea problema în altfel: dacă ceva este închis în mod normal, acest status nu poate fi reprezentat prin culoarea verde, din moment ce verdele reprezintă în acelaşi timp că acesta este pornit sau deschis. Nici roşul nu poate fi rezervat pentru „pericol"; dacă reactorul trebuie să fie deschis, un semnal roşu poate simboliza că acesta funcţionează, chiar dacă nu este periculos, ci normal în acest context.

Dar atunci ce va simboliza verdele? (Am învăţat pe pielea mea că la computerul meu, a închide un întrerupător, înseamnă de fapt să îl deschid!).

Unele întrerupătoare şi valve trebuie să fie pornite la un moment dat şi oprite în altele, aşa că nu există o poziţie de „default". Unele sisteme folosesc lumini colorate pentru a face faţă acestei situaţii. dacă modul de operarea este în acţiune, atunci întrerupătorul 1 trebuie să fie pornit şi o lumină de culoarea chihlimbarului de lângă întrerupător arată acest lucru. Dacă modul de operare B este în funcţiune, întrerupătorul trebuie să fie închis. Dacă întrerupătorul este în poziţia greşită pentru modul de operare, va apărea o luminiţă strălucitoare roşie. Dacă o parte a sistemului nu funcţionează, o lumină verde poate fi aprinsă, indiferent de poziţia întrerupătorului sau nicio lumină nu ar fi aprinsă. Dar modurile de operare şi întrerupătoarele nu sunt neapărat legate strâns; la fel de bine, poate fi modul A şi modul A1 şi poziţia corectă a întrerupătoarelor să fie diferită. Câteodată, operatorii deconectează aceşti indicatori sofisticaţi sau cel mai des îi ignoră), din cauza complicaţiilor.

Aceste probleme există în toate sistemele industriale şi de transport, dar iau amploare în sistemele cu multe interacţiuni complexe. Acest lucru se întâmplă datorită interacţiunilor cauzate de proximitate, conexiunile comune sau feedbeackuri neintenţionate, nefamiliare, necesită mai multe probe ale condiţiilor sistemului şi mai multe alterări ale condiţiilor. Mai mult decât atât este pur şi simplu ivizibil pentru controlor. Evenimentele iau loc în interiorul vaselor, în interiorul aripilor avioanelor sau în modulele de service ale navelor spaţiale sau în interiorul computerelor. Sistemele complexe tind să elaboreze centrii de control nu pentru că fac viaţa mai uşoară pentru operatori prin economia de timp, nici pentru că sunt mai multe maşini de controlat, ci pentru că elementele componente interacţionează în moduri mai mult decât liniare, secvenţiale şi de aceea pot interacţiona în moduri neaşteptate.

În adăugare la existenta numeroaselor interacţiuni de control, informaţiile despre statutul componentelor sau a proceselor sunt mai indirecte şi mai inferenţiale în sistemele complexe. Miezul reactorului din Three Miles Island nu avea o măsurătoare directă a nivelului de răcire. Având în vedere presiunea şi scurgerea agentului de răcire în miez, o asemenea măsurătoare ar fi foarte dificilă şi ar introduce o

penetrare mai adâncă a vasului, lucru ce trebuie evitat. Deci, operatorii trebuie să estimeze nivelul agentului de răcire din indicatori indirecţi. Prezenta lipsei de aburi şi a bulelor de hidrogen face acest lucru şi mai de neîncredere.

Pentru a cita şi alte exemple, piloţii avioanelor sau navelor se pot ghida după o stea greşită. Navele pot naviga după un far greu de deslușit din cauza luminilor de pe ţărm, distorsioate de refracţie sau pur şi simplu stinse. Fluctuaţiile de rutină a presiunii şi temperaturii din centralele nucleare induc în eroare operatorii. Operatorii reduc interpretările anormale, gândind că fac parte din fluctuaţiile de rutină. De obicei au dreptate; ocazional se înşală. La TMI operatorii ştiau că tenperatura de la capătul unei ţevi de drenaj era anormală datorită scurgerii. În timpul accidentului, când temperatura a depăşit chiar şi interpretările ieşite din comun, au tratat-o ca fiind o fluctuaţie particulară, deşi indica o depresurizare a valvei.

În 1977 New York-ul a experimentat o cădere masivă şi foarte costisitoare. O contribuţie cheie la acel accident au fost aşteptările unui operator la interpretarea greşită a scurgerii curentului peste linia particulară. În mod normal prin acea linie trecea foarte puţin curent sau chiar deloc. Operatorul nu ştia că acolo au avut loc două căderi de releu-una care ar conduce automat la o scurgere mare de curent prin acea linie; şi cea de a doua ar fi blocat traversarea curentului prin acea linie. Operatorul a considerat interpreatrea intensităţii o a curentului ca fiind normală. De fapt era anormală, dar numai în aceste circumstanţe. Această ambiguitate a condus la o segmentare a acţiunilor ca la carte pentru a face faţă care au apărut în alte părti ale sistemului, terminând în sistemul care a devenit instabil10. Singura probă ca operatorul ar fi putut într-adevăr „vedea”, în sens senzorial, erau luminile aprinse în camera de control.

Dacă un operator înţelege greşit instrucţiunile primite de la un superior, acesta va şti probabil imediat deoarece va vedea operatul începe să efectueze sarcina greşită. Mi s-a spus că unul dintre avantajele supapelor cu aburi, unde aburul supapei se va ridica când aceasta este deschisă, este ca un operator sau supervizor ştie dintr-o singură privire asupra unei camere imense care supape sunt deschise şi care nu pur şi simplu se ridică atunci când sunt deschise. Dacă un operator se îndreaptă spre supapa greşită după ce înţelege greşit o instrucţiune, acest lucru este de asemenea foarte vizibil. În cadrul

sistemelor complexe, unde nu este vizibil nici măcar vârful aisbergului, comunicarea trebuie să fie exactă, scala corectă, poziţia de schimb evidentă, citirea on-line şi directă.

Problema cu sursele de informare indirecte sau deductive este compusă din lipsa supraabundenţei disponibilă sistemelor complexe. Dacă ne-am oprii o secundă, am observa că viaţa noastră de zi cu zi este plină de semnale pierdute sau înţelese greşit, şi informaţie eronată. O mare parte din discursul nostru este alocată supraabundenţei-spunem acelaşi lucru iar şi iar, sau îl repetăm într-o manieră uşor diferită. Ştim din experienţă că persoana cu care comunicăm poate fi într-un alt cadru cognitiv, auzind ceea ce se aşteaptă să audă şi nu ceea ce i se spune cu adevărat. Ascultătorul suprimă cuvinte cum ar fi „nu" deoarece nu îşi doreşte să le audă. Într-adevăr nu se poate spune că nu le aude, în sensul literar al procesării sunetelor care îi pătrund în ureche la nivelul creierului. Tot felul de greşeli neînsemnate, şi unele chiar importante se petrec în cadrul conversaţiei obişnuite. Astfel nu ar trebui să fim surprinşi dacă sursele de informare ambigue sau indirecte sunt subiectul interpretării eronate în cadrul sistemelor complexe.

Procesele de transformare

Cu cât câştigăm mai multă experienţă în ceea ce priveşte sistemele şi le proiectăm mai eficient, cu atât gradul de interactivitate va fi redus. În capitolul 5 vom examina cazul unui control de trafic aerian, unde se pare că s-a întâmplat exact acest lucru. Este de asemenea adevărat că un operator slab pregătit sau lipsit de experienţă, poate vedea un sistem ca fiind plin de interacţiuni nebănuite sau de „capcane", dar după câştigarea unei anumite experienţe va găsi totul mult mai liniar. În sfârşit, noi descoperiri tehnologice ar putea aduce liniaritate în ceea ce era odată un sistem interactiv complex, ca atunci când motorul turboreactor îl înlocuia pe cel cu piston sau atunci când tubul de vid era înlocuit de tranzistor. Deşi pare să existe o tendinţă pentru cererea mai multor sisteme refăcute, şi astfel se construiesc noi interacţiuni, cum se spune că s-a întâmplat în cazul unui avion de luptă cu reacţie, ar trebui să subliniem că designurile noi sau îmbunătăţite şi operatorii mai experimentaţi ar reduce posibilitatea interacţiunilor neaşteptate. Câteva pe care le vom examina în această carte, sunt aspecte ale transporturilor maritime, sistemelor de control al traficului aerian, baraje şi exploatări miniere.

Dar cea mai mare grijă a noastră constă în sistemele care par a fi iremediabil complexe, sau cel puţin vor rămâne aşa în următoarele câteva decenii. În general acestea sunt sistemele care preferă să-şi transforme materialele brute în loc să le producă sau să le asambleze.

Procesele de transformare se regăsesc în tehnologia recombinării ADN-ului, în uzinele chimice, în producerea de puterea nucleară, de arme nucleare şi în câteva din aspectele misiunilor spaţiale. Multe dintre acestea sunt relativ noi, dar ceea ce este semnificant este faptul ca procesarea chimică nu este nouă. Deşi experienţa a ajutat la reducerea accidentelor, accidentele continuă să contamineze procesele de transformare care sunt vechi de50 de ani. Acestea sunt procese ce pot fi descrise dar nu pot fi cu adevărat înţelese. Au fost deseori descoperite prin încercare şi eroare, şi ceea ce trece drept înţelegere este în realitate doar o descriere a ceva ce funcţionează. O parte din producţia chimică industrială este de această natură; o mare parte din producţia de fier şi oţel a fost de acest fel, deşi a fost extensiv modificată în timpul cercetării ştiinţifice.

Existenţa proceselor de transformare fără deplină înţelegere caracterizează în mod cert puterea nucleară; amintiţi-vă de omul de ştiinţă pe probleme nucleare care l-a sfătuit pe guvernatorul Thomburgh al Pennsylvania în timpul accidentului, a afirmat cu trei ani înainte în cadrul unui jurnal ştiinţific că nu ar putea exista nicio problemă în cadrul unei reacţii dintre zirconiu şi apă – procesul a fost bine înţeles. Totuşi exact această problemă a produs bula de hidrogen. Fiecare misiune spaţială introduce noi sisteme ce pot fi de neîncredere datorită lipsei de cunoştinţe. Experienţa va creşte înţelegerea a unora dintre aceste probleme (rachetele noastre nu mai explodează pe suportul de lansare la fel de uşor ca odinioară), dar performanţa vehiculelor spaţiale este încă subiectul multor incertitudini. Cercetarea ADN-ului recombinat este bogată în lipsuri în cunoaştere. Cunoaşterea limitată, permite apoi multe interacţiuni nebănuite şi cere mulţi parametrii de control şi surse indirecte de informaţie.

Aceasta completează discuţia despre atributele sistemelor cu interacţiuni complexe. Pentru a rezuma, sistemele complexe sunt caracterizate de:

— Proximitatea părţilor şi unităţilor care nu se află într-o secvenţă de producţie;

— Multe tipuri de conexiuni între componente (părţi, unităţi

sau subsisteme) şi nu într-o secvenţă de producţie;

— Bucle de feed-back nefamiliare sau neintenţionate;

— Mulţi parametrii de control cu potenţiale interacţiuni;

— Surse de informare indirecte sau deductive şi

— Înţelegerea limitată a unor procese.

Sistemele complexe nu sunt în mod obligatoriu sisteme cu un grad ridicat de risc sau cu potenţial catastrofic; universităţile, cercetările şi firmele de dezvoltare şi unele birocraţii guvernamentale sunt sisteme complexe, aşa cum voi susţine pe scurt. Putem acum stabili un contrast între sistemele complexe şi cele liniare.

Sistemele liniare

Părţile sau unităţile din cadrul sistemelor liniare care nu se află într-o secvenţă directă de producţie, tind să fie desfăcute spaţial. Fabricarea sau asamblarea permite acest lucru, în timp ce procesele de transformare tind adesea să fie compacte. Sistemelor liniare le lipsesc tipurile comune de conexiuni care cer proximitate. Este de asemenea un criteriu de design de a separa variate stagii de producţie pentru pura comoditate de a întreţine accesul sau de înlocuirea echipamentului. Sistemele liniare nu numai că au segregare spaţială a etapelor separate de producţie, dar în cadrul succesiunilor de producţie legăturile sunt puţine şi succesive, permiţând extragerea componentelor avariate cu o tulburare minimă pentru restul sistemului. În cadrul sistemelor complexe, extragerea unui component sau închiderea sa, înseamnă despărţirea temporară a numeroase legături cu reajustările consecvente, învelişul, înmagazinarea produsului, mutarea pentru a permite accesul şi reconfigurarea deoarece părţile şi unităţile tind să fie legate multiplu. Sistemele liniare preferă de asemenea producţia în serie – o serie de etape de producţie legate dar semiindependente – în locul a ceea ce teoristul organizaţional James Thompson numeşte „interdependenţă adunată", unde toate componentele (inclusiv operatorii) trebuie să îşi coordoneze inputul dacă vor ca sistemul să funcţioneze.

Spre deosebire de sistemele complexe, în cadrul sistemelor liniare, apare o specializare minimală a muncii, materialelor şi a bazinelor de aprovizionare. Echipamentul este specializat („dedicat", cum spun inginerii), dar oamenii care îl utilizează tind să fie generalişti. Operatorii sunt antrenaţi pentru mai multe sarcini deoarece de obicei se rotesc, licitează pentru diferite posturi sau ţin

locul altor oameni. Oamenii de la întreţinere pot opera cu echipamentul atunci când apare o urgenţă, operatorii fac întreţinere de urgenţă. Există desigur limite pentru acest gen de substituţii, incluzând cerinţele stabilite de sindicate. Mai târziu vom vedea că substituţia este importantă în cazul recuperării după un accident – oamenii se pot înlocui şi ştiu ceva despre slujba celeilalte persoane. Aici, discutând complexitatea şi liniaritatea, accentul cade pe conştientizarea interdependenţelor. În cadrul sistemelor complexe, nu numai că este mai probabil ca interdependenţele neaşteptate să apară datorită eşecului unei părţi sau unităţi, dar sunt mai puţin probabile acelea care operează sistemul (sau care îl conduc), datorită rolurilor specializate şi a cunoştinţelor, de a prezice, a observa sau de a fi capabili de a diagnostica interdependenţa înainte ca incidentul să se extindă la accident.

Gândiţi-vă la câteva slujbe cheie din cadrul sistemelor complexe şi observaţi cât de puţin se pot substitui între ele: piloţi de luptă şi întreţinere, bombardieri şi piloţi şi navigatori, inginerii de la uzina nucleară şi operatori, operatori şi sudorii şi alţi oameni de la întreţinere specializaţi pe slujbele lor, tehnicienii de laborator şi biochimiştii într-o firmă de recombinare a ADN-ului, chimişti cu înalte specializări şi tehnicieni de laborator, dintr-o uzină chimică sau ingineri chimişti şi operatorii camerei de control, astronauţii şi managerii controlului terestru, navigatori, operatorii radio, căpitanul şi timonierii pe un vapor.

Deşi nu vreau să pretind că există o mare diferenţă între angajaţii din cadrul sistemelor complexe şi liniare, cei din cadrul ultimei par avea calităţi mai puţin specializate permiţând o conştientizare mai bună a interdependenţelor dacă acestea apar. Sudorul dintr-o uzină nucleară este mai mult specializat (şi special nominalizat) şi mult mai izolat de restul personalului decât sudorul dintr-o uzină de fabricaţie. Personalul specializat tinde să nu observe vastele posibilităţi de interacţiune, generaliştii, mai mult decât specialiştii sunt poate mai predispuşi să observe conexiuni neaşteptate şi să le facă faţă.

Ceea ce este valabil în cazul muncii este valabil şi pentru materiale şi stocuri. Dacă materialele şi resursele sunt substituibile o mai mare întindere a răspunsului este disponibilă, limitând eşecurile la incidente şi în primul rând prevenind eşecurile. Dar sistemele

complexe par a avea cereri mai exacte cu privire la stocuri şi material, combustibilul nu se poate situa sub standard şi nici nu poate fi înlocuit cu altul, fie că este vorba despre uzine nucleare, aparate de zbor, aparate spaţiale sau producţie chimică. Substituţiile apar mai degrabă în cadrul sistemelor liniare.

În final, sistemele liniare au bucle de feed-back minimale, şi de aceea există mai puţine oportunităţi de a ului arhitecţii sau operatorii. Există puţine interacţiuni ai parametrilor de control, deoarece controalele sunt mult mai descentralizate, şi ataşate echipamentului cu un singur scop. Iar informaţia care circulă prin sistem este de obicei mult mai direct primită şi reflectă operaţiuni reale.

Cele două sisteme sunt rezumate în tabelul 3.1, cu câţiva termeni rezumaţi listaţi, ce vor fi folosiţi în restul cărţii.

Tabel 3.1

Sisteme complexe vs. sisteme liniare

Sisteme Complexe	Sisteme Liniare
Spaţiu restrâns pentru echipament	Împrăştierea echipame
Paşi de producţie proximi	Paşi de producţie separ
Tipuri de conexiuni comune numeroase ale componentelor ce nu se află în secvenţa de producţie	Tipuri de conexiuni co la generatoare de energie şi m
Izolare limitată a componentelor eşuate	Izolare facilă a co eşuate
Specializarea personalului limitează conştientizarea interdependenţelor	Specializare redusă a pe
Substituţie limitată a stocurilor şi materialelor	Substituţie extensivă a materialelor
Bucle de feed-back nefamiliare sau neintenţionate	Bucle de feed-back ne neintenţionate reduse
Numeroşi parametrii de control cu potenţiale interacţiuni	Parametrii de control p şi separaţi
Surse de informaţie indirecte sau deductive	Surse de informare on-l
Înţelegerea limitată a unor procese (asociate cu procesele de transformare)	Înţelegerea extensivă proceselor (procese tipice de asamblare)

Termeni de sumar	
Sisteme complexe	Sisteme liniare
Proximitate	Segregare spaţială
Tipuri comune de conexiuni	Conexiuni consacrate
Subsisteme interconectate	Subsisteme segregate
Substituţii limitate	Substituţii facile
Bucle de feed-back	Bucle de feed-back redu
Controale multiple şi interactive	Controale segregate, c
scop	
Informaţie indirectă	Informaţie directă
Înţelegere limitată	Înţelegere extensivă

Care este mai bun?

Problemele existente în cadrul sistemelor complexe şi avantajele sistemelor liniare pot sugera că ultimele sunt preferabile şi că sistemele complexe ar trebui convertite în sisteme liniare. Din nefericire acesta nu este cazul. Sistemele complexe sunt mai eficiente (în termenii restrânşi ai eficienţei producţiei care neglijează posibilitatea accidentelor) decât sistemele liniare. Există mai puţină stagnare, mai puţin spaţiu neutilizat, o toleranţă mai slabă a performanţelor de slabă calitate şi mai multe componente multifuncţionale.

Din acest punct de vedere, al designului şi al înaltei eficienţe, complexitatea este dezirabilă.

Se pare de asemenea că nu prea avem de ales în ceea ce priveşte designul câtorva dintre sistemele noastre. Câteva dintre sistemele complexe pot fi reconcepute pentru a căpăta mai multă liniaritate cum ar fi în cadrul controlului traficului aerian sau în cazul substituirii motoarelor cu reacţie cu foarte interactivele motoare cu piston. Uzinele nucleare ar putea fi făcute mai puţin complexe dacă spaţiul de stocare alocat ar fi eliminat din start. (Dacă o uzină cu o încărcătură plină de vergele proaspete în depozit ar trebui evacuat şi depozitul ar fi lăsat nesupravegheat sau fără putere, apa ar fierbe în câteva zile. Fără apă ar fisiona la fel ca scânteile de pe 4 iulie). Acest lucru ar elimina cate ceva din proximitate şi tipurile de probleme comune. A folosi o singură cameră de control pentru două reactoare diferite pare de asemenea o sursă nenecesară de tipuri de probleme comune. Generarea de aburi şi sistemele de turbine pot fi separate de sistemul

nuclear pentru a reduce buclele de feed-back neintenţionate, deşi costurile ar fi considerabile. Şi poate aşa cum precizam în ultimul capitol un design mai permisiv există. Dar în mare nicio reducţie extensivă a complexităţii nu pare posibilă în cadrul industriei nucleare. Transformarea sistemului cere pur şi simplu numeroase interacţiuni nonliniare. Acelaşi este valabil şi pentru uzinele chimice, cum ar fi rafinăriile, deşi nu există probabil niciun mod eficient de a obţine ţiţei decât într-un sistem cu o interactivitate crescută.

În concluzie, sistemele complexe există deoarece nu ştim cum să obţinem produsul final prin intermediul sistemelor liniare. Dacă aceste sisteme complexe ar avea de asemenea potenţial catastrofic, atunci am încerca obţinerea produsului prin metode alternative sau am abandona produsul cu totul. Pe scurt, nu pare a exista o alegere posibilă între complexitate şi liniaritate în cadrul sistemelor cu risc înalt. Complexitatea se moşteneşte în anumite forme de producţie. Nu este intrinsec indezirabilă, întâmpinăm complexitatea în unele birocraţii şi ne opunem raţionalizării vieţii noastre dezordonate deoarece interacţiunile neaşteptate conduc la inovaţii, ne interesează, ne amuză sau produc varietate. Dacă sistemul are totuşi potenţial catastrofic şi nu putem preveni propagarea incidentelor şi interveni înainte ca accidentele să se producă, problema este mult mai gravă. Să vedem ce are de spus ideea legăturilor strânse şi slabe despre acest lucru. Este cea de-a doua dimensiune majoră a noastră în cadrul analizării sistemelor.

Legături strânse şi slabe

Inginerii discută despre legături strânse şi slabe în cursul obişnuit al muncii lor, şi în acest context termenii sunt destul de clari. Nu este atât de simplu ca şi cuplarea unui furtun de grădină la robinet şi conectarea strânsă a acestuia dacă nu vrem să ne stropim, dar este o analogie destul de apropiată; legătura strânsă este un termen mecanic însemnând că nu există niciun timp mort sau zonă tampon între doi itemi. Ceea ce se întâmplă în cadrul unuia afectează în mod direct ceea ce se întâmplă în celălalt.

Sociologii şi psihologii sociali au preluat termenul la mijlocul anilor ′70 pentru a conceptualiza un anumit fenomen. Câteva organizaţii din cadrul serviciilor publice, şcolile publice în special, par a fi caracterizate printr-o distanţă neobişnuit de mare între aplicarea tehnicilor noi şi schimbările reale în comportamentul profesorilor, sau

între noile programe şi ceea ce au învăţat în realitate elevii. Este de aşteptat ca birocraţiile organizate în mod ierarhic să fie capabile de a altera comportamentul subordonaţilor, cum ar fi profesorii, şi de a produce rezultate în cadrul studenţilor care să aibă legătură cu scopurile iniţiale. Explicaţia pentru care şcolile nu reuşesc să-şi îndeplinească ar fi că deşi programele şi scopurile erau reale, erau slab conectate cu alte programe cu care organizaţiile erau preocupate, cum ar fi cererile de natură politică din cadrul mediului, autonomia profesorilor şi lipsa mobilizării cererilor din partea părinţilor.

De exemplu, poate exista o strânsă conexiune (răspuns) între programul de remediere cerut de districtul şcolii şi şcoala în care este fundamentat, în care i se alocă personal şi un loc în curriculum. De exemplu, doi profesori noi, probabil angajaţi pentru program, sunt de fapt aceia pe care şcoala doreşte de mult să-i angajeze-un respectat profesor de artă, şi o persoană care poate preda un curs de informatică. Aceştia sunt folosiţi pentru aceste poziţii şi alţi doi profesori care sunt cel mai puţin respectaţi de părinţi şi elevi sunt atribuiţi noului program. Decizia pare a fi luată aproape de ei înşişi, atât de slab este conectată cererea pentru noul program cu problemele existente ale şcolii.

Bugetul programului este un factor concret şi discret dar apariţia sa nu are ca efect achiziţionarea stocurilor corespunzătoare şi efectuarea remodelărilor aşteptate. În locul acestui lucru, comandarea resurselor pentru stoc este întârziată şi banii sunt folosiţi pentru cumpărarea echipamentului sportiv şi pentru remodelarea podelei sălii de educaţie fizică. Nu există nicio intenţie de fraudă; ultimul lucru presând de mult conducerea, subiectul unei înţelegeri informale cu districtul de a fi făcute cheltuielile imediat ce apare un spaţiu în sistem. Directorul şcolii motivează că programul de remediere va intra în vigoare de îndată ce noul buget va fi adoptat. Spaţiul alocat noului program se poate dovedi a fi cel mai puţin convenabil spaţiu pe baza motivelor necontestabile că orice spaţiu liber a fost deja utilizat şi că programul nu ar trebui să întrerupă programele care se desfăşoară cu succes în prezent. Programele existente sunt protejate în acest mod de impactul noului program. Totuşi intenţia districtului a fost de a altera priorităţile existente ale şcolii, ceea ce ar implica faptul ca noul program să aibă u impact direct să fie strâns conectat şi să schimbe-priorităţile actuale.

În final, şcolii i se poate părea simplu ca în loc să atribuie programului elevii cu dificultăţi în lecturare, să îi atribuie pe cei ce întrerup în mod constant cursurile, sunt nepoliticoşi sau sunt discriminaţi pe baze rasiale. Toţi par a avea nevoie de mai mult ajutor. Şi astfel, materialele folosite în clasă, atent selecţionate de educatori din universităţi de elită, pot să nu aibă nicio legătură cu elevii stigmatizaţi.

În toate acestea există un număr de conexiuni-statului social al elevilor şi cerinţele programului, deficitul de aprovizionare şi puterea anumitor departamente, performanţa slabă a profesorilor şi misiunile periferice. Sistemului nu îi lipsesc conexiunile însă acestea sunt slabe. Câteva sunt invocate pentru acest program dar poate nu şi pentru următorul-descoperirea faptului că modul în care a crescut bugetul poate acoperi costurile pentru noua podea a sălii de educaţie fizică. Altele pot depinde de evenimente trecătoare, poate o controversă recentă privind eficienţa celor doi profesori. În mod cert conexiunea dintre mandatul oficial pentru un program de remediere şi practica reală este destul de slabă. Caracteristicile sistemului-natura sa cu conexiuni slabe-fac posibil răspunsul la cererile din afară într-o manieră atât de slabă.

Sistemele conectate slab tind să aibă standarde de performanţă ambigue sau flexibile şi pot, în cazul şcolilor să aibă o monitorizare slabă şi deci absenţa conexiunii intenţionate să rămână neobservată.

Aţi putea fi tentaţi în a spune că este un sistem foarte ineficient, o jefuire a statului şi a fondurilor federale şi să solicitaţi o cuplare strânsă. Acest lucru ar determina ca programul de remediere să funcţioneze aşa cum se aşteaptă să funcţioneze cei din afară. Dar ar fi o greşeală să îl numim ineficient. Sistemul este destul de eficient pentru a îndeplini multe dintre dorinţele participanţilor deşi nu reprezintă ceea ce au în plan guvernul federal sau districtul şcolar care aloca fondurile. Un strop de conducere autoritară pentru a pune în aplicare programul oficial poate dezasambla părţi ale sistemului pe care ceilalţi le valorifică. Dacă profesorii ar rămâne în curriculum, părinţii ar continua să fie împotriva lor, dacă subiecţii pregătiţi ai şcolii ar fi mutaţi în clădirea temporară (temporară de la sfârşitul celui de-al doilea Război Mondial), ar putea obiecta de asemenea, toată lumea foloseşte sala de educaţie fizică şi necesită reparaţii, şi ce ar fi de făcut cu elevii problemă care sunt cunoscuţi pentru faptul că îi deranjează

pe cei cuminţi?

Conexiunile slabe permit astfel anumitor părţi ale sistemului să se exprime conform propriei gândiri şi interese. Conexiunile strânse restricţionează acest lucru. Legăturile slabe nu sunt totuşi sinonime cu dezorganizarea, poate doar dacă înţelegem prin acest termen lipsa controlului centralizat. Din punct de vedere informaţional, şcoala este bine organizată, cu o varietate de interese coerente (deşi există deplasări periodice), mecanisme pentru aranjamente de acomodare, resurse lejere în cazul apariţiei provocărilor neaşteptate şi un model de interacţiune stabil. Gradul de organizare este independent de gardul de legătură.

Nu ne-am abătut atât de mult de la utilizarea în inginerie a legăturilor slabe sau strânse cum poate părea. Elaborând conceptul aşa cum este utilizat de organizaţiile teroriste ne va permite examinarea responsivităţii sistemului la eşecuri sau şocuri. Sistemele cu legături slabe, bune sau nefavorabile pot încorpora şocul şi eşecul fără a se destabiliza. Sistemele cu legături strânse vor răspunde mai repede la aceste perturbări dar răspunsul poate fi dezastruos. Ambele tipuri de sisteme au viciile şi virtuţile proprii.

De exemplu, o uzină cu procesare continuă necesită legături strânse. În unele uzine cu procesare continuă unde tehnologia este bine înţeleasă şi au loc numai interacţiuni de tip liniar, cum ar fi uzinele farmaceutice, brutăriile, cofetăriile, sau uzinele cu bile de rulment, caracteristicile produsului sunt alterate frecvent ca răspuns la cerinţele pieţei. Procesele sunt de asemenea frecvent alterate pentru a reflecta schimbări în materialul brut sau în condiţiile de operare. Deciziile de a altera procesul sau de a schimba spre un produs uşor diferit trebuie să se întâmple rapid în cadrul organizării producând schimbări aproape nesesizabile în comportamentul operator. Resursele sunt alocate strict, programele respectate cu stricteţe şi sistemele de raportare trebuie să fie precise. Supravegherea, atât a proceselor cât şi a oamenilor este continuă, deşi de obicei se produce prin indicatori discreţi, mai ales atunci când este monitorizat personalul de nivel înalt. Abaterile de la standarde sunt notate sau raportate rapid, dacă un flux lung de producţie este afectat. Răspunsul la abateri trebuie să fie standard şi imediat. Rezultatul este operativitatea de înaltă eficienţă. În cazul legăturilor slabe un asemenea proces de producţie nu ar face decât să atragă dezastru şi

ineficienţă. Dacă sistemul este liniar şi nu interactiv complex, legăturile strânse par a fi modul optim de organizare.

Prin contrast, imaginaţi-vă o uzină de producere şi asamblare a părţilor aparatelor de zbor conectată slab. Fabricarea secţiunii cozii ar fi separată de fabricarea fuselajului căreia îi va fi ataşată. Sunt implicate metale diferite, toleranţe diferite şi procese de tratare prin căldură diferite. Constrângerile celor două secţiuni sunt diferite şi interdependenţa lor este minimală, de interdependenţă se are grijă în etapa designului. Practicile personalului pot fi de asemenea diferite, din moment ce este necesar un personal mai bine pregătit în construcţia cozii, în timp ce pentru fuselaj nu este necesară atât de multă pregătire deoarece implică mai mult sarcini de rutină spre deosebire de construcţia cozii. Acest lucru poate duce la decizii ale personalului care seamănă cu practicile de alocare despre care am discutat la nivelul şcolii, ce reflectă puterea unităţii şi politica. Controlul calităţii, în loc de a fi încorporat în sistem ca în cazul procesării continue, poate fi o funcţie de sine stătătoare ce îşi desfăşoară propriile teste şi inspecţii izolate fizic în cadrul uzinei şi neintegrate în celelalte funcţii în mod deliberat deoarece independenţa lor trebuie menţinută. Dar această protejare a controlului calităţii presupune de asemenea o conexiune slabă ce lasă posibilitatea dezvoltării intereselor parohiale sau a târgurilor neautorizate cu unităţi.

Caracteristicile legăturilor în cadrul sistemelor

Acum suntem pregătiţi să expunem mai sistematic ce se intenţionează prin legăturile strânse sau slabe din cadrul sistemelor. Aceste caracteristici sunt rezonabil independente de celelalte dimensiuni majore: sistemele liniare şi complexe.

1. Sistemele cu conexiuni strânse conţin mai multe procese dependente de timp; nu pot aştepta pentru a fi manevrate. În unele cazuri aceste lucruri se întâmplă din motive de eficienţă, dar în general deoarece procesul de producţie nu permite răcirea şi reîncălzirea, pentru a uita şi apoi a învăţa din nou. Reacţiile, ca şi în cazul uzinelor chimice se produc aproape instant şi nu pot fi întârziate sau extinse. În cadrul sistemelor cu legături slabe, întârzierile sunt posibile, procesele pot rămâne în stand-by, produsele parţial finisate (părţi ale cozii sau elevi) nu se vor schimba major în timpul aşteptării.

2. Secvenţele din cadrul sistemelor cuplate strâns sunt mult mai

invariante. B trebuie să-l urmeze pe A deoarece este singurul mod de a obţine produsul. Produsele finisate parţial nu pot fi redirecţionate şi efectuate de Y înainte X; Y depinde de X să fi avut loc. Deşi poate părea costisitor, în cadrul liniei de asamblare a aparatelor de zbor, o uşă, scaun sau controalele radio pot fi adăugate ulterior dacă a existat o întrerupere. Dar nu este cazul pentru o uzină chimică sau nucleară sau pentru liniile de producţie farmaceutică. Într-o şcoală elementară derularea cursurilor este cu mult mai multă atenţie planificată şi mult mai strâns conectată decât în cadrul unei universităţi unde nu contează atât de mult când sunt învăţate matematica, ştiinţele sau materiile lingvistice.

3. În cadrul sistemelor strâns legate nu numai că derularea specifică este invariantă dar per total designul proceselor permite o singură cale de a atinge scopul producţiei. O uzina nucleară nu poate produce electricitate prin schimbarea combustibilului în petrol sau cărbune; în timp ce uzinele petrochimice pot schimba combustibilul în cărbune şi viceversa cu o reconversie minimă sau inexistentă. În timp ce uzinele cu procesare continuă (strâns legate) pot varia combinările produsului şi volumul producţiei cu limite, nu pot face schimbări semnificative în modul în care este obţinut produsul. Totuşi uzinele de fabricaţie (în general slab conectate) pot chiar şi temporar să elimine tratarea cu căldură prin înlocuirea cu un alt metal, pot schimba unitatea cu loturi de producţie, să facă rost de piese, să instaleze sau să scoată din funcţiune dispozitive robotice, să înlocuiască plasticul cu metalul şi aşa mai departe. În acest caz există multiple căi de a obţine produsul. Dar în cazul sistemelor strâns legate, cum ar fi barajele, uzinele chimice, reţelele magistrale de putere, brutăriile şi tehnologiile de recombinare a ADN-ului există foarte puţină flexibilitate. Sistemele conectate slab se presupune că beneficiază de finalitate multiplă-există multe moduri de desfăşurare; sistemele conectate strâns au o finalitate singulară.

4. Sistemele conectate strâns au puţine slăbiciuni. Cantităţile trebuie să fie precise, resursele nu pot fi înlocuite cu altele, bunurile risipite pot supraîncărca procesul, echipamentul defect încorporează o închidere deoarece înlocuirea temporară cu un alt echipament nu este posibilă. Nicio organizaţie nu îşi face un obicei din risipirea resurselor sau echipamentului dar unele pot face acest lucru fără a conduce sistemul la eşec. În cadrul sistemelor slab conectate, resursele,

echipamentele sau forţa umană pot fi risipite fără a produce riscuri mari sistemului. Un lucru poate fi făcut de două ori dacă nu a ieşit bine de prima dată, se poate supravieţui temporar cu o calitate mai slabă a resurselor sau produselor din cadrul liniei de producţie. Bunurile de calitate slabă pot fi respinse în final dar sistemul tehnic nu este distrus în acest timp.

Recuperarea după eşec

Conexiunile sunt în special relevante în cazul recuperării după eşecurile inevitabile ale componentelor. O diferenţă importantă între sistemele conectate strâns şi slab merită un comentariu extins. În cadrul sistemelor strâns conectate amortizoarele, excesele şi substituţiile trebuie să fie încorporate, gândite în avans. În cadrul sistemelor conectate slab există o şansă mai mare să fie găsite în mod convenabil amortizoare, excese şi substituţii deşi acestea nu fuseseră planificate în avans.

Din moment ce eşecuri pot avea loc în cadrul tuturor sistemelor, mijloacele de recuperare sunt critice. Ar trebui prevenită răspândirea eşecului unei unităţi. Toate sistemele au încorporate dispozitive de siguranţă în acest punct. Dar în cadrul sistemelor conectate strâns ajutoarele de recuperare sunt în mare măsură limitate deliberat, ajutoarele încorporate, cum ar fi dispozitivele de siguranţă concepute (într-o uzină nucleară, pompe de răcire de urgenţă şi lichid de răcire furnizat de urgenţă) sau caracteristicile de siguranţă încorporate (o categorie mai generală care ar include un perete de protecţie între miezul şi sursa răcirii). Deşi improvizarea de urgenţă este posibilă, aceste posibilităţi sunt limitate, datorită secvenţelor dependente de timp, secvenţelor invariante, finalităţii singulare şi absenţei slăbiciunii. În cadrul sistemelor conectate slab, pe lângă ESD-uri şi EST-uri, ajutoarele de recuperare neprevăzute sunt adesea posibile. Eşecurile pot fi acoperite mult mai uşor, un utilaj temporar poate fi pus în funcţiune, o macara mutată, o aterizare bruscă efectuată fără putere. Poate exista, accidental, suficient spaţiu care să separeu un subsistem în flăcări de alte sisteme; poate fi posibil şi relativ puţin dăunător să fie inundată o zonă pentru a stinge un incendiu deşi niciun arhitect nu a plănuit acest lucru. Sistemele cu conexiuni strânse oferă puţine asemenea oportunităţi. Nu contează dacă interacţiunile sunt complexe sau liniare, nu pot fi alterate temporar.

Acest lucru nu semnifică că sistemele conectate slab au în mod

necesar încorporate suficiente dispozitive de siguranţă; în mod obişnuit arhitecţii consideră că au o marjă de siguranţă în forma dispozitivelor de siguranţă accidentale şi astfel neglijează instalarea unora evidente. Cele mai multe dispozitive de siguranţă cerute după inspecţia efectuată de către Organizaţia pentru Sănătate şi Siguranţă la locul de muncă (OSHA), sunt factori destul de evidenţi, cum ar fi: balustradele, trepte dure pe scări sau pasarele, comutatoare de urgenţă pentru a separa echipamentul şi cerinţe ca legăturile pentru furtunuri să fie aranjate în aşa fel încât un gaz explozibil cum este oxigenul să nu fie din neatenţie furnizat către o zonă care cere gaz inert. Chiar şi în cadrul sistemelor cuplate slab există încă suficient spaţiu pentru a îmbunătăţii caracteristicile de siguranţă.

Sistemele strâns conectate nu sunt complet lipsite de dispozitive de siguranţă neplanificate. În două dintre cele mai celebre accidente din cadrul uzinelor nucleare, Browns Ferry şi TMI, improvizarea de urgenţă imaginară, a fost posibilă şi operatorii au reuşit să salveze sistemele prin mijloace accidentale. În cazul TMI, două pompe trebuiau să menţină recircularea răcitorului, deşi niciuna nu era destinată răcirii miezului. Subiecţii unui bombardament cu neutroni nu trebuiau să supravieţuiască, una dintre ele a cedat destul de repede, însă cealaltă a continuat să funcţioneze zile întregi până când circulaţia naturală a fost restabilită. Ceva mai complex dar similar a avut loc la Brown Ferry. Industria a pretins că recuperarea demonstrează că măsurile de securitate funcţionează dar cele încorporate nu au funcţionat. În cazul ambelor accidente caracteristicile critice de siguranţă erau dezactivate.

Ceea ce este valabil pentru amortizoare şi surplusuri este de asemenea valabil pentru substituţii de echipament, procese şi personal. Sistemele conectate strâns oferă puţine posibilităţi pentru substituţii accidentale; cele cu conexiuni largi oferă multe.

Caracteristicile celor două sisteme sunt rezumate în tabelul 3.2. Acestea sunt tendinţe; niciun sistem nu are, de exemplu, secvenţe absolut invariante. Niciun sistem nu poate avea toate aceste caracteristici.

Tabelul 3.2

Tendinţele conexiunilor strânse sau slabe

Conexiuni strânse	Conexiuni largi

Întârzierile în cadrul procesării nu sunt posibile	Întârzierile în cadrul pr posibile
Secvenţe invariante	Ordinea secvenţelor schimbată
Există o singură metodă de a atinge scopurile	Metodele alternative po
Slăbiciuni în cadrul stocurilor, echipamentului, personalului sunt puţin posibile	Slăbiciunile în cadrul sunt posibile
Amortizoarele şi surplusurile sunt încorporate deliberat	Amortizoarele şi surpl disponibile accidental
Substituţia stocurilor, echipamentelor şi personalului sunt limitate şi încorporate	Substituţiile sunt accidental

Lumea organizatorică în funcţie de complexitate şi conexiune

Figura 3.1, tabelul interacţiune/legătură plasează interacţiunea şi conexiunea împreună într-o reţea cu două variabile. După părerea mea, plasamentul sistemelor este bazat pe de-a întregul pe judecăţi de ordin subiectiv; în prezent nu există niciun mod de încredere care să măsoare aceste două variabile, interacţiunea şi conexiunea. Pot exista obiecţii cu privire la aşezarea din figură. Un motiv întemeiat pentru o dispută ar fi că nu există nicio specificare precisă a ceea ce constituie sistemul. Gândiţi-vă la transportul maritim. În largul mării, sistemul include vasul, comunicarea radio, vremea şi poate un alt vas. Dar dacă vasul intră într-un canal aglomerat, avem nu numai vremea ci şi efectele cauzate de valuri (sucţiunea creată atunci când vasul se apropie de un val subacvatic al canalului), fluxul şi circulaţia curentului, epave şi pietre, poduri, alte vapoare, un canal radio aglomerat, luminile de navigare să interfereze cu luminile autostrăzii, uzinelor industriale şi turnurilor distante. Largul mării şi sistemele canalului sunt foarte diferite. Amestecăm în cazul zborului companiile aeriene comerciale cu zborul recreaţional sau ca sport. Mineritul include benzile miniere care ar trebui să fie mai aproape de producţie şi instalaţiile miniere subterane. Aceste ambiguităţi reprezintă o problemă, dar de dragul argumentării generale consider ca plasarea

accidentală a sistemelor vag definite este încă folositoare.[1]

Tabelul 3.1

Prin combinarea celor două variabile în acest mod, pot fi trase câteva concluzii. Mai întâi este clar că cele două variabile sunt în mare independente. Examinaţi partea de sus's graficului de la dreapta la stânga. Baraje, reţele de forţă şi uzine nucleare sunt situate pe aceeaşi linie, indicând un grad similar de conexiune strânsă. Dar ele se diferenţiază în mare măsură pe variabila interacţiunii. În timp ce în ceea ce priveşte barajele există posibilitatea câtorva interacţiuni neaşteptate şi nu foarte multe în reţelele de putere, multe există în cadrul uzinelor nucleare.

Sau, privind în cealaltă parte, în jos, universităţile şi oficiile poştale sunt destul de slab conectate. Dacă ceva merge prost în oricare dintre acestea, este suficient timp pentru a îndrepta lucrurile, iar aceste nu trebuie să se afle într-o ordine precisă. În oficiul poştal, corespondenţa poate fi depozitată un timp într-o rezervă sigură fără alarmări necuvenite. Oamenii tolerează graba din preajma Crăciunului la fel cum studenţii tolerează cozile la înscrierile din toamnă. Dar spre deosebire de universităţi, în cadrul oficiilor poştale nu există prea multe interacţiuni neaşteptate-este o secvenţă de producţie destul de bine stabilită (liniară), fără prea multe căi de branşament şi fără bucle de feed-back. Acest lucru nu este valabil pentru universităţi. Aici există funcţii multiple: predat, cercetare şi serviciu cu publicul, de exemplu-şi pot interacţiona pe căi neaşteptate. Întra-adevăr este de aşteptat să se întâmple aşa; interacţiunile de tip sinergic sunt dezirabile deşi sinergia negativă este de asemenea posibilă.

Să presupunem de exemplu, că o universitate evaluează dosarul

---

[1] O problemă serioasă nu poate fi evitată dar ar trebui menţionat: până la un anumit punct este posibil ca gradul de conexiune şi tipul de interacţiune să fie deduse dintr-o idee brută a frecvenţei accidentelor din cadrul sistemelor a sistemelor variate, decât derivată din analizarea proprietăţilor sistemelor independent de natura eşecurilor lor. Aceasta se întâmplă dacă de exemplu sunt câteva accidente cauzate de controlul traficului aerian, „trebuie" să fie din cauză că nu este suficient de complex şi cu o conexiune suficient de strânsă şi apoi este căutată această concluzie. Din moment ce schema analitică a evoluat din examinarea numeroaselor sisteme, nu există nici un mod de a evita această posibilă ciclicitate. Schema ar fi trebuit să fie testată prin examinarea sistemelor ce nu au fost incluse aici, prin colectarea datelor bazate pe concepte mai riguroase şi prin verificarea sistemelor ce sunt incluse aici.

unui profesor asistent de sociologie, şi decide că nu a publicat suficient pentru a garanta promovarea către profesor asociat şi titlul sau securitatea slujbei ce vin cu aceasta. Este destul de simplu având în vedere că cercetarea şi publicaţiile sunt clar specificate ca şi criterii de performanţă pentru facultate şi reprezintă output-urile sistemului. Dar imaginaţi-vă că membrul facultăţii este un profesor foarte bun şi că studenţii protestează. Imaginaţi-vă de asemenea că această concediere ar ameninţa un program de servicii publice pe care îl conducea. Nu numai că studenţii protestează, dar şi câţiva membrii influenţi ai comunităţii. Pentru a convinge studenţii că departamentul nu este indiferent la calitatea pedagogică, ar însemna să se instituie un program de evaluare al profesorilor şi acest lucru ameninţă statutul profesorilor de încredere ai facultăţii (asociaţi sau cu catedră întreagă şi titlu) care nu au acordat atenţie acestui criteriu înainte. Mai mult, bisericile locale, trimit o delegaţie oficială care să protesteze încheierea programului de servicii şi de asemenea cer să aibă mai mult de spus în ceea ce priveşte practicile personalului universităţii. Acum decanul se confruntă cu trei probleme: departamentul trebuie să publice mai mult (pentru a justifica demiterea profesorului asistent), să cheltuiască mai multe resurse în scop pedagogic pentru a înmuia studenţii, care acum au făcut ca predarea să facă parte din evaluarea formală a personalului, şi să înfrunte un grup extern mobilizat care cer să aibă ceva de spus în deciziile de recrutare a personalului. Acesta este un exemplu de interacţiuni complexe, în contrast cu liniaritatea serviciului poştal, universitatea este bazată foarte mult pe complexitate.

Dar reţineţi că nu prea este posibil să existe un „accident de sistem". Deoarece universităţile sunt conectate slab există suficientă slăbiciune pentru a limita impactul în ceea ce priveşte decizia cu privire la acest membru al personalului asupra altor arii. Membrii seniori ai facultăţii pot fi asiguraţi în linişte că evaluările studenţilor vor fi procesate încet şi că dovezile de neîncredere ale evaluărilor vor fi trecute sub tăcere în mod discret. (Într-un caz al căruia am fost martor, universitatea nu a reuşit să găsească cei 2000 de dolari necesari pentru a da curs unui program de evaluare a profesorilor propus de un student-universitatea este pe primul loc). Membrilor comunităţii le va fi promis mai mult acces la activităţile Consiliului Studenţesc, dar în realitate nu vor fi aşteptaţi să participe prea des.

Fundaţiei de cercetare a universităţii i se va spune discret să favorizeze aplicaţiile trimise de la departamentul de sociologie în cadrul următorului ciclu sau sunt înmânate realizări comune pentru a face programul de sociologie să pară mai productiv. Nu este experimentată nicio întrerupere a output-ului. Evenimentul rămâne un incident, cu pagube limitate la o singură parte-profesorul. Deşi interactiv, recuperarea este facilă datorită conexiunilor slabe.

Oficiul poştal şi universitatea, atunci, sunt similare în ceea ce priveşte conexiunea, amândouă se pot recupera deoarece secvenţele nu sunt atât de inevitabile, substituţiile sunt posibile. Dar oficiul poştal este limitat în mare la interacţiuni liniare, în timp ce universitatea este plină de multe interacţiuni complexe potenţiale ce pot ajunge pe neaşteptate în alte părţi ale sistemului.

Sistemele educaţionale sunt reprezentate în trei părţi în cadrul graficului: universităţile sunt slab conectate şi complexe, după cum am văzut, şcolile sunt cât de cât slab cuplate dar foarte liniare iar gimnaziile sunt aproape de mijlocul ambelor dimensiuni. Şcolile au un curriculum foarte bine definit şi un set bine pus la punct de materii pe care elevii trebuie să le studieze. Acest lucru permite dominarea interacţiunilor liniare şi există foarte puţine surprize. Totuşi stilul restaurant le permite elevilor să reia cursurile demonstrând cumva o conexiune mai slabă decât în cadrul gimnaziilor, iar şcolile au de asemenea personal cu jumătate de normă şi deseori instructori temporari ce vin şi pleacă odată cu schimbările în cerinţele elevilor. Gimnaziile sunt puţin ceva mai strâns conectate datorită secvenţelor din cadrul programului şi datorită inflexibilităţii personalului. Sunt mai puţin liniare decât şcolile deoarece angajează mai multe funcţii, în special, socializarea şi impregnarea de valori (deşi nici pe departe atât de mult ca universităţile). Nu este de aşteptat ca niciuna dintre aceste instituţii să aibă accidente în cadrul sistemului care să rezulte în stoparea outputurilor subsistemelor, dacă aceste subsisteme în calitate de cursuri sau programe ale comunităţii eşuează s-ar întâmpla datorită eşecului părţilor componente-lipsa studenţilor, a instructorilor sau a sprijinului din partea comunităţii.

Concluzie

Acest lucru completează lucrarea analitică majoră din această carte. Am reuşit destule lucruri: am definit accidentele, le-am diferenţiat de incidente, am definit mai multe tipuri de victime într-un

mod care ne permite să evaluăm mai bine potenţialul catastrofic, am definit sistemele şi accidentele rezultate din eşecul componentelor, şi am definit cele două concepte cheie, tipurile de interacţiuni (complexe şi liniare) şi tipurile de conexiuni (slabe sau strânse). Aceste variabile au fost expuse pentru a putea localiza organizaţiile sau activităţile care ne interesează şi să arătăm cum aceste două variabile, interacţiunea şi conexiunile, pot varia independent unele de celelalte.

Acum avem instrumentele de bază pentru a înainta printr-o varietate de sisteme şi a le examina în funcţie de tipurile de accidente pe care le au şi potenţialul lor catastrofic. Vom începe cu uzinele chimice care seamănă cu uzinele nucleare în ceea ce priveşte accidentele din cadrul sistemului, deşi nu în ceea ce priveşte consecinţele acestora, ci în ilustrarea unei tehnologii vechi şi stabile.

+ figua 1.3

Capitolul IV

Industriile petrochimice

Industriile petrochimice produc de departe mai puţine titluri şi mai puţine controverse decât plantele care produc energie nucleară. Sunt în zonă de aproape 100 de ani, aşa că experienţe ample asupra lor au existat şi publicul este obişnuit cu vederea de rezervoare de depozitare şi sedre pe vine. Gamă de incendii necontrolate în timp, şi câţiva operatori omorâţi, însă nu există meciuri de protest, Comisia de Reglementare chimică, panourile ştiinţifice şi conferinţele care sunt acaparate de presă, sau o căutare de alternativă a plasticului şi ai benzinei. Este o industrie cu profil scăzut deliberat, la fel cum se observă. este de asemenea destul de sigură; focul şi exploziile ucid doar câţiva operatori şi câţiva trecători.

Industria este încă departe de un subiect promiţător pentru analiza accidentelor; de fapt furnizează câteva din cele mai bune exemple de accidente de sistem cu care ne-am putea întâlnii. Este destul de bine cuplat şi are destule componente interactive complexe. Suntem interesaţi în primul rând de acestea pentru că ilustrează prezenţa unor accidente de sistem într-o industrie matură, bine dezvoltată, care are un stimulent economic pentru a prevenit accidentele. Niciunul din aceşti factori nu sunt cu adevărat aparţinând de industria energiei nucleare; acum sunt slab cunoscute accidentele catastrofale care ar închide toată producţia de plante peste noapte, accidentele generează doar costuri care pot fi trecute pe la

contribuabili. Este nevoie de ceva cu adevărat mare, precum TMI pentru a afecta acţionarii.

Industria chimică, împreună cu tehnologii dezvoltate, conducere bună şi stimulente puternice pentru a păstra plantele în aşa fel încât să nu explodeze, persistenţa accidentelor în sistem ar trebui să sugereze ceva intrinsec pentru procesele în sine, ceea ce ar sugera teoria noastră despre accidente. Vom încerca atunci să demonstrăm că sistemul este complex interactiv şi strâns legat, îndeajuns încât accidentele care au loc sunt de preferat să fie accidente de sistem mai degrabă decât în alte sisteme. Suntem de asemenea preocupaţi de potenţialul catastrofal (totuşi la un nivel mult mai scăzut decât în cazul industriei energiei nucleare). Este adevărat că există puţin potenţial în aceste complexe uriaşe, decât industria care este foarte intensiva de capital. Chiar şi incendiile extinse şi exploziile au creat foarte rar victime de gradul 3 în comunităţile din împrejurimi. Totuşi, experţii ne spun că plantele se extind, comunităţile se apropie şi substanţele devin din ce în ce mai periculoase.

Există totuşi 2 aspecte foarte importante ale industriei petrochimice la care nu ar trebui să ne referim aici datorită interesului nostru asupra accientelor de sistem: efectele asupra sănătăţii angajaţilor şi problema deşeurilor toxice care ar putea afecta publicul. Dacă ar exista o carte despre pericolele asupra sănătăţii pe care această industrie le are, aceasta ar trebui să fie mult mai profund discutată. Hazardele asupra sănătăţii întâlnite de angajaţi în timpul angajării în aceasta industrie sunt în anumite puncte de vedere severe. Dar fuga de presă a accidentelor în industrie, prevenirea hazardelor asupra sănătăţii pot fi realizate prin programe de siguranţă. Eliberarea substanţelor otrăvitoare ca rezultatul unor accidente, precum explozia de substanţe chimice reactive de la Saveso, Italia, poate fi o problemă serioasă, dar în afară de descărcarea de gestiune, este rezultatul unui accident de sistem, care poate fi uşor discutat. Contaminarea unei clădiri de birouri este un aprig vestitor al lucrurilor care urmează să aibă loc, dar încă o dată, nu este tema noastră. Otrăvurile chimicale sunt deja bine acoperite în cartea lui Michael Brown, Laying Waste şi povestea incredibilă PCB, în alimentarea vitelor din Michigan, acoperită de Egginton.

Vom rămâne mai degrabă în zona substanţelor chimice, rafinăriilor şi accidentelor de rezervor. Sunt numeroase şi destul de

serioase în potenţial catastrofic. Câteva probleme există, totuşi. Prima oară documentaţia nu este extinsă. În parte, aceasta este datorită incendiilor şi exploziilor-formele cele mai frecvente de accidente-elimină des problema necesară pentru înţelegerea evenimentelor. Mai important este totuşi reticenţa industriei pentru a face publice accidentele, în forme accesibile.

Ştim atâtea despre energia nucleară, deoarece exista o agenţie guvernamentală de supraveghere împreună cu agenţiile pentru a inspecta utilitarele. Aceasta de asemenea deţine controlul asupra acciendetelor aviatice investigate de Siguranţa Naţională de Transport, pentru accidente în marină, calea ferată şi automobile. Nimic nu echivalează cu nivelul federal existent pentru plantele petrochimice. Misiunile în spaţiu, barajele şi câteva alte sisteme vin sub interes federal pentru diferite motive, dar industria chimică este în mâini private şi astfel scăpa acestui control, exceptând situaţiile excepţionale. Siguranţa Ocupaţionala şi Administraţia Sănătăţii strânge date ale leziunilor şi fatalităţilor şi face câteva inspecţii, dar nu angajează niciun fel de analiză a cauzelor incendiilor şi exploziilor chimice.

Companiile de asigurări care scriu politicile plantelor chimice joacă un rol important în analizarea accidentelor şi sponsorizează căutările şi publicarea, dedicate prevenirii accidentelor. Dar este îndemnat în natură şi nefolositor în analiza accidentelor. Cel mai important material este produs de însăşi industrie şi din nefericire, este privat circulat, şi nu este disponibil cercetătorilor din afara industriei. Unele materiale îşi găsesc propria cale spre reviste sigure, şi voi menţiona că este pentru conturi specifice, dar că nu există acoperire responsabilă a accidentelor precum există în alte sisteme. Multe dintre accidentele noastre o să preocupe firmele europene, doar pentru că ei îşi discuta problemele mult mai deschis. Odată când am luat parte la o conferinţă Germania de V-SUA despre siguranţă în lucru cu plantele chimice, doar unul din invitaţi a fost din partea SUA şi acesta venise nesponsorizat de organizaţia sa ci în timpul vacanţei sale. Mi s-a părut chiar extrem de dificil să fac rost de drumul unei plante într-o rafinărie, după ce am fost refuzat de firme, am reuşit să interacţionez cu un grup de studenţi ingineri din Stanford. Eforturile mele pe la firme s-au potrivit cu afirmaţia conform careiaa a noi nu vrem să ne spălăm rufele în public a . Asta este încă uimitor,

cum rufele din industria chimică şi petrolieră sunt foarte curate.

În termeni de leziuni, fatalităţi şi pierderea timpului de muncă, recordurile industriei sunt dintre cele mai bune. Condiţiile de muncă sunt excelente. Muncitorul poate să aibă îndeosebi abilităţi mai numeroase cât să fie mai bine plătit decât operatorii cu plante care produc energie nucleară. Plantele, rafinăriile, şi rezervoarele au puţini muncitori în supraveghere, deci chiar dacă incendiile şi exploziile sunt frecvente, leziunile sunt puţine şi fatalităţile foarte reduse ca număr. Majoritatea muncitorilor stau în zone protejate, precum camere de control. Comparat cu multe activităţi industriale există un mic pericol de victime de gradul 1 sau 2 datorită defecţiunii componentelor componentelor care pot duce la accidente de sistem.

Pericolul de eventualitatea unor victime de gradul 3-trecători nevinovaţi, sau în acest caz, oameni care trăiesc în apropiere de câteva mile sau care conduc prin zonă. Chiar şi aşa, nu au existat decât câteva catastrofe de acest gen. În timp ce industria creşte în mărime, numărul şi mărimea facilităţilor, posibil toxicitatea materialelor şi numărul oamenilor care trăiesc sau trec prin zonă. Astfel potenţialul victimelor de gradul 3 sau 4 se aşteaptă să crească, dacă aşa cum menţionez şi o industrie mai responsabilă ar avea un număr destul de crescut de accidente de sistem.

Potenţialul catastrofic va devenii evident pe parcursul capitolului. Dar prima oară, câteva limitări de date despre frecvenţa accidentelor, ori eşec de componente sau accidente de sistem trebuie revăzute. Industria, diferit referită, precum industria petrolului, industria petrochimică sau industria hidrocarburilor, incluzând exploatarea, prelucrarea gazelor, forajele producţiilor chimice, rafinarea, conductele şi o varietate de comercializări şi alte servicii. Este foarte important ca nivelul se securitate este foarte ridicat, de exemplu în 1980, doar unul din 700 de lucrători a fost omorât direct, şi a fost câte un prejudiciu pentru fiecare 69 lucrători într-un an, făcând-o astfel una din cele mai sigure industrii. Consiliul Naţional de siguranţă măsoară industriile după numărul de morţi şi zilele de lucru pierdute pentru un milion de ore lucrate. Media în toată industria este de 2, 5 şi cea pentru industria chimică este de 1, 45. Operaţiile de forat au avut o medie de 10, 75, prelucrarea chimică 1, 67 iar rafinăriile 1, 41.

Este clar că nu este vorba aici despre o industrrie dezastruoasă

pentru angajaţi. Numărul redus de accidente la locul de muncă, precum şi fatalităţile, nu înseamnă totuşi că nu există accidente din cauza plantelor. Înseamnă că muncitorii sunt puţini ca număr şi bine protejaţi de ele. Cele mai serioase accidente cu plante rezultă din cauza incendiilor sau exploziilor. Statisticile sunt foarte greu de realizat, Institutul American de Petrol, o organizaţie a industriilor, nu oferă statistici pentru toate companiile şi sunt greu de analizat cele care le furnizează. Totuşi, primele sunt foarte comune.

În 1979 în cele 166 de rafinării, conform sondajului au fost 205 de incendii-l, 23 incendii pe fiecare an pentru fiecare plantă. Din moment ce aceasta suprareprezintă companiile mari, şi acestea au cel mai înalt nivel de siguranţă, nivelul de proprietăţi trebuie luat în consideraţie.

Din fericire, unele date de siguranţă pe un segment al industriei, plantele cu amoniac sunt părţi stabile ale ale industriei chimice. Totuşi, sondajul indică media plantelor cu ammoniac că au avut 50 de zile pe an şi 10 – 11 stingeri pe an.

Acestea indică că au fost în operaţie doar 86% din timp-considerabil mai bine decât plantele nucleare, cu o medie de aproximativ 60%, dar slab liniştitor. Industria are un gol de răspuns (O stingeri de întreţinere) la fiecare 17 luni, dar media a fost una la fiecare 12 luni, pentru că 1 – 3 dintre stingerile de întreţinere au fost iniţiate de eşecuri serioase de echipament.

Într-una dintre perioadele de raport de 4 ani a avut loc un incendiu pe plantă la fiecare 11 luni, greu echivalent cu cele ale rafinăriilor. Nu sunt date niciun fel de indicaţii despre gravitatea incendiilor, dar niciunul dintre incendiile provocare de o plantă amoniaca nu este lipsită de gravitate. Aceste date ne dau mai multe motive de îngrijorare. O operaţie foarte importantă trebuie stinsă pentru reparaţii de aproximativ 30% mai frecvent decât este aşteptat, generos faţă de eşecurile serioase de echipament, iar plantele sale produc un incendiu la fiecare 11 luni. Dacă problema industriei amoniacului nu a fost eliminata din sistem până acum, poate fi pentru ca acestea sunt endemic sistemului, acestea fiind accidente normale. Revizia noastră asupra accidentelor din industria petrochimică vor sugera chiar asta, dar în primul rând vom revizui un accident faimos care nici măcar nu a început de la o plantă chimică, ci pe o navă. Ne va arăta totuşi ce se poate întâmpla, când incendiile sau exploziile au loc

lângă plante petrochimice. Doar stând acolo, au potenţial catastrofic.22 de ani mai târziu, aceeaşi locaţie, a avut loc un alt accident serios, de data aceasta un accident de sistem.

Texas: 1947, 1969

În 1947, oraşul Texas a trăit experienţe celor mai serioase explozii şi incendii din istoria SUA. Incendiul nu a pornit dintr-o fabrică petrochimică, ci pe un vas plin cu îngrăşământ. Îngrăşământul conţinea nitrat de amoniu, o substanţă foarte explozivă, folosită în fabricarea TNT-ului. Eforturile echipajului vasului de a stinge focul au eşuat, şi a fost preluat de departamentul răspunzător cu incendii al oraşului Texas. În timp ce mulţimea privea, vasul a explodat. Fragmente au fost aruncate până la o distanţă de 3 mile în aer, iar 2 avioane care zburau în zona au fost incendiate. Zgomotul exploziei s-a auzit până la o distanţă de 160 de mile. Rezervoarele de ulei depozitate în zonă au luat foc, şi de asemenea şi o mare plantă chimică. Un vas apropiat, plin de asemenea cu îngrăşământ explozibil, dar relative nedistrus, a fost încercat şa se dea la o parte dar a agăţat alt vas; cele două au rămas blocate legate şi niciunul din ele nu a putut fi mutat, sau remorcatorii din port au refuzat să încerce.

Seara următoare vasul a luat foc şi încă o explozie a mişcat oraşul Texas şi a eliminate un entrepozit de sulfură. Până atunci, deja o treime din oraş fusese atins sau distrus complet de flăcări. Decesele au fost în număr de 561, iar răniţii mai mulţi de 300; daunele au numărat peste 100 milioane dolari.

Nu este ceva uşor de uitat, şi chiar dacă o altă plantă petrochimica a explodat în 1969 tot în Texas, panica din zonă apropiată a fost extinsă. Explozia a fost neînsemnată pe lângă cea din 1947 şi de data aceasta nimeni nu a fost rănit.cu toate acestea, explozia a spart geamurile caselor mai apropiate de 750 m de plantă.

Au existat alte 2 explozii frapante a celei din 1969. În primul rând, indică că exploziile mari nu trebuie să ducă obligatoriu la pierderi de vieţi. Plantele petrochimice nu sunt neapart păstrate în laborator. În acest caz au fost doar 30 de oameni în zonă.6 se aflau în camera de control iar părţile de metal au absorbit mult din explozie şi marele pericol a venit din lumina care a venit în jos împreună cu tavanul fals.3 oameni care se ocupau de întreţinere au fost protejaţi de părţile mici ale echipamentului. Un operator, aflat la 200 m de explozie a fost doar trântit la pământ, cea mai mare sferă de foc a fost chiar

deasupra capului său. S-a târât afară din zonă cu foc şi a depărtat imediat materialele inflamabile din apropierea focului. De asemenea, a activat alarmele. Operatorii sunt încă folositori în zonă, cu tot echipamentul de siguranţă automat şi decuplarea a fost încă posibilă.

Celălalt eveniment care i-a ţinut cu sufletul la gură pe mulţi a fost determinat de inovaţia adusă de acesta, nemaiavând loc un eveniment de acel gen, implicând coloane identice. Una din coloane a fost operată ca de obicei sub condiţii de reflux, deci nu a fost nicio cauză de îngrijorare. Atenţia operatorilor a fost cerută pentru păstrarea unei balanţe între lichidul de bază care genera vapori şi lichidul din acumulator care îl înlocuia. Necunoscuta pentru operatori e noutatea adusă de coloana care pierdea încet material prin valve dintr-o linie superioară. (eşecul 1). Acesta este motorul valvei la care ne-am referit. Dar presiune coloanei şi presiunea rezultată după stingere au revenit ambele la normalitate; în mod normal aceste condiţii ar închide o valve dar nu au făcut-o (eşec 2), poate din cauza condiţiilor de reflux. Problema curgerii a fost că era continuă; totuşi operatorul a presupus că metrul a fost fără calibrare, în timp ce motorul a avut valvele închise (eşec 3), greşeală de interpretare a informaţiei, o eroare forţată. Nivelul de bază al coloanei indică un nivel scăzut la baza coloanei, dar vaporii erau generaţi oricum. Totuşi, una din cele mai grele component ale alimentării stocului, vinacetilina, care concentrează în părţile joase ale coloanei ca produs, apar mai mult decât dublat, în mod normal 35% şi sigur în proporţie de 50%. În plus. tot datorită scurgerilor neînsemnate, lichidul de la o bază coloanei a refuzat volumul şi trebuia să se descopere tuburile. Acesta a permis tuburilor să se supraîncălzească (nu a fost un eşec independent, ci a urmat primului eşec).

Combinaţia de tuburi înalte cu temperature ridicate şi concentraţie crescândă de vinacetilina a setat nivelul exploziei. A apărut la 11 ore după reducerea în scurgere şi la 9 ore după ce a fost obţinut refluzul total. Nu a instalat niciun fel de avertizare. Au avut loc 2 explozii, una reprezentând dezintegrarea primilor 40 m ai coloanei, care a fost risipită în zonă, şi aproape imediat după, a doua explozie, rezultând din cantităţile mari de gaze liberate din rupturi.

În acest accident avem un eşec de componente, deodată cu absenţa de informaţie despre proasta funcţionare a sistemului, din timp ce a avut loc o interacţiune neaşteptată de presiune, temperatură

şi vapori în afara coloanei. În scurt, un accident de sistem. Compania a cerut multe schimbări în proces, în multe puncte şi asta sugerează că procesul ce a ţinut mult timp nu a fost înţeles complet. Schimbările au presupus o temperature mai scăzută pentru încălzirile din sistem, un substitut al nitritului de sodiului (care e transformat în nitrat de sodiu), evitarea refluxului total, păstrând procentajul de vinacetilina sub 405 în fază de vapori în orice punct al sistemului şi păstrând concentraţia de vinil al coloanei sub concentraţia de bază.

Dar aceste schimbări nu par răspunzătoare de problemele sistemului. evitând refluxul total, poate crea alte probleme, şi controlând temperatura a demonstrat că este imposibil în acea manieră. Unul poate avea 6 sau mai multe milioane de dolari în daune şi o amentintare pentru multe vieţi, incluzând locuinţele din apropiere.

Schimbări au mai fost de asemenea făcute în lupta cu incendiile şi recuperările de sistem de când compania a găsit astfel de probleme, precum lipsa valvelor. Dar şi de către mai mari, unul este impresionat de lupta cu focuri şi numărul de fabrici care au funcţionat în aceasta urgent pentru a prevenit un dezastru mai mare. Precum este obişnuit, printre multele probleme s-a numărat controlul echipajului. Unii amintindu-şi de explozia din 1947 au încercat să se refugieze, alţii au stat în apropiere şi au împiedicat eforturile companiei de a lupta cu focul şi au căutat supravieţuitori. Lecţia neremarcată încă de investigatori este cea a izolării acestor plante.

Flixborough

Centralele chimice dispun de uriaşe investiţii de capital. Pentru că trebuie lucrat cu ele în mod permanent având în vedere investiţia şi natura procesului însuşi, presiunile operatorii de a rămâne on-line trebuie să fie intense. Indicaţii ale acestor lucruri şi a dificultăţilor în a demara şi a stopa aceste sisteme sunt date de consiliul director de cercetare al faimosului dezastru Flixborough. Investigat în amănunt, oferă o privire în lumea automaticii şi a tehnologii înalte. Nu este încurajator. Centrala a produs ceva numit caprolactum, folosit în fabricarea nylonului. Pentru a-l face, ciclohexanul a fost oxidat. Ciclohexanul este asemănător cu benzina. A trebuit să fie băgat în centrala care se afla sub presiune şi cu o înaltă temperatură de 155 C. Oxidarea ciclohexanului s-a produs prin trecerea materialului printr-un set de şase reactoare; aerul şi catalizatorii au acţionat asupra ciclohexanului încălzit şi produsele dorite au fost distilate.

Pe data de 27 martie, s-a constatat faptul că prin reactorul nr. 5 se scurgea ciclohexan. Centrala a fost închisă şi răcită, iar reactorul a fost investigat. Avea o fisură importantă la 6 picioare în lungime. Managerii centralei au decis să ocolească problema acestui reactor. Consiliul de cercetare declară faptul că doar un om dintre ceilalţi aflaţi acolo, unde s-a luat decizia, era îngrijorat că centrala va fi pusă în funcţiune fără a inspecta şi celelalte 5 reactoare. În plus, „nimeni nu părea să ia în consideraţie faptul că legătura dintre reactorul nr. 4 cu reactorul nr. 6 includea probleme tehnice majore sau că ar putea să fie altceva decât o verificare de rutină". „Accentul la şedinţă a fost pus pe reluarea procesului de oxidare fără cea mai mică întârziere. Designul şi construcţia canalului de derivaţie au fost realizate în grabă". De fapt, nu a fost făcută nicio schiţă, decât una în cretă pe podeaua atelierului de lucru; niciun calcul al erorilor de curs; ghidul designerului pentru foalele canalului de derivaţie nu a fost consultat, şi aşa mai departe. Canalul de derivaţie a fost gata în două zile, în seara zile de 29 martie. Schelăria care trebuia să ţină ţeava de 20 de inci a fost construită neglijent, în graba de a pune centrala din nou în funcţiune. Suporturile erau în întregime neadecvate, raportul spunea, şi unele au fost omise, din graba se presupune.

Odată pus în funcţiune, canalul a fost testat pentru scurgeri. Una a fost găsită, aşa că centrala a fost depresurizată, dar au uitat să marcheze scurgerea şi au trebuit să o pună sub presiune din nou, să găsească scurgerea şi să o repare după depresurizare. A pune o centrală sub presiune nu este o sarcină uşoară: poate dura câteva ore şi necesită mii de paşi. Centrala a fost din nou pusă sub presiune pentru a testa scurgerile, dar nu a fost găsită niciuna, apoi presiunea a fost crescută pentru mai multe teste, apoi depresurizată din nou, şi în final procedurile de începere au fost iniţiate. Cu această ocazie, se pot observa presiunile la care au fost supuşi angajaţi. Raportul face un rezumat al stării uzinei în acel moment:

Un ansamblu a fost instalat, fără niciun calcul de design şi care nu corespundea standardelor britanice sau recomandărilor producătorului, care a fost pus sub presiune, a fost împins fără reţineri într-o direcţie în sus şi reţinut inadecvat într-o direcţie în jos. În concluzie foalele au fost supuse unor forţe majore, pe care nu erau construite să le suporte şi ţeava de 20 de inci (cea mai mare pe care au găsit-o, în mod întâmplător aveau nevoie de una de 28 de inci) a fost şi

ea supusă unei mari greutăţi.

Cu toate acestea, această soluţie părea să meargă. Centrala şi-a reluat activitatea pe 1 aprilie, a fost închisă pentru perioade scurte de 2 ori în mai, dar pe 29 mai o scurgere a fost găsită la unul dintre elemente şi pe perioada acelei zile centrala a fost închisă. După două zile şi-a reluat activitatea şi a fost scăzută temperatura. Dar presiunea a crescut la un nivel anormal, necesitând ventilaţie puternică. O altă scurgere a fost găsită şi procesul de răcire şi depresurizare a fost reluat. Personalul nu a putut repara scurgerea pentru că instrumentele necesare erau închise într-un şopron, fiind sâmbătă. Raportul spunea: „În mod clar nu era o situaţie satisfăcătoare". „Acum suntem pe data de 1 iunie, 4 zile după scurgerea care a provocat seria acestor porniri şi opriri în această sofisticată şi automatizată centrală".

Întreaga operaţiune a fost întârziată; centrala nu mai avea nitrogen de înaltă presiune. Suplimentele viitoare nu ajungeau decât la miezul nopţii. Dar centrala funcţiona, iar ventilările mergeau datorită presiunii neobişnuite. Descrierea e destul de complexă, necesitând numeroase interacţiuni de presiune, abur, căldură, creşteri şi scăderi de nitrogen şi condiţii diferite în cele 5 reactoare. Acest raport subliniază faptul că nu a fost nicio eroare de operare în această manevră complicată.

O serie de anomalii nu erau explicate la acest moment, în special creşterea rapidă a presiunii şi consumul excesiv de nitrogen, dar şi nevoia mare de ventilare. În plus, datorită scăderii proviziilor de nitrogen centrala era nevoită să funcţioneze la temperatura operatorie şi presiune pentru câteva ore înainte de începerea oxidării ciclohexanului. Raportul menţionează faptul că creşterea bruscă a presiunii pe perioada ultimului schimb se putea datora acumulării de proxide în sistem, sau o scurgere de nitrogen, dar nu se putea şti cu exactitate.

Explozia a avut loc pe data de 1 iunie 4: 53 p. În la scurt timp după venirea următorului schimb la datorie. A distrus toate rapoartele, aşadar cauza aproximativă este necunoscută. Forţa exploziei a fost estimată a fi echivalentul a 15 până la 45 de tone de TNT. S-a estimat că 30 de tone de ciclohexan la 300 F au format un nor de vapor, care a explodat. Au fost 28 de angajaţi omorâţi şi 36 răniţi, dincolo de gardurile centralei 53 de oameni au fost răniţi, conform rapoartelor de la poliţie şi mulţi alţi au suferit răni, însă neraportate.

Centrala a fost distrusă. Clădirile de la 100 de picioare de la explozie au fost avariate, geamurile de la comunitatea din apropiere au fost sparte la 3 sferturi de mile depărtare. Cel puţin 3 case au fost demolate, 1821 de case şi 167 de magazine şi fabrici au fost avariate în zona rurală apropiată. Toţi au fost de acord că ţeava temporară de 20 de inci s-a fisurat şi gazul s-a scurs şi s-a aprins de furnalul de hidrogen din apropiere. Dar ţeava s-a spart pentru că a fost nepotrivită de prima dată, sau datorită numeroaselor anomalii care au existat pe parcurs? Înaintea rupturii uzina părea să fie într-o stare ameninţătoare.

Legendarul Murphy a greşit. Legea lui, dacă ceva rău se poate întâmpla, se va întâmpla, este dezaprobată de toate investigaţiile post accident ale marilor dezastre. Aceste investigaţii au evidenţiat faptul că: am avut noroc că nu a fost şi mai rău. În acest caz norocul a fost că era sâmbătă, şi doar puţini oameni erau de serviciu la fabrică vântul a fost uşor sau că explozia putea să fi fost mai târziu, provocând o pagubă mai mare; era zi şi vreme bună astfel încât brigadele de pompieri au fost mai eficiente; uzina era într-o zonă rurală, etc.

Neglijenţa şi incompetenţa par a fi răspunzătoare de acest accident, dar nu m-aş grăbi să ajung la această concluzie. Un grad potrivit de neglijentă şi incompentenţă este aşteptat de la oameni, şi sub presiunea de producţie generată de o imensă centrală stând inactivă, aşteptând unelte, hidrogen sau ţevi putem să ne aşteptăm la greşeli forţate. În timp ce conducta canalului a fost un risc puţin calculat, canalul funcţionase de o lună. Existau condiţii neobişnuite anterioare accidentului care puteau să ducă la supraîncălzire sau supra-presiune indiferent de ţeavă şi suporturile sale: aceste anomalii nu puteau fi diagnosticate. Ar fi fost uşor să fie convocată o comisie de cercetare să investigheze un accident care nu s-a întâmplat, şi în cursul studiului să găsească o duzină sau mai multe defecte la componentele DEPOSE care ar fi putut provoca accidentul. De vreme ce informaţiile despre cauza aproximativă au fost distruse, nu putem fi siguri că au fost mai multe erori, sau pur şi simplu o spargere de ţeavă, dar descrierea ar sugera că au fost multe erori, independente, vinovate de scânteia letala.

Discuţiile despre centralele nucleare ar trebui să evidenţieze următoarele lucruri. A fost o inaptitudine de organizare: le lipsea talent de ingineri şi inginerul şef plecase. O decizie greşită fusese luată

în legătura cu canalul de derivaţie, nu au primit un sfat de expert şi probabil existau presiuni de producţie. Dar cum a fost consemnat în cazul TMI şi a altor centrale nucleare şi cum va fi aparent în următoarele capitole aceasta este o condiţie normală pentru organizaţii: trebuie să ne felicităm când ne apropiem de aşteptări. Dacă ţeava ar mai fi rezistat puţin până când reactorul era reparat şi un nou inginer-şef ar fi fost angajat, şi ar fi venit o comisie de investigaţie de la guvern ar fi conchis că centrala era bine condusă şi sigură. De vreme ce se produce un accident, se caută şi se găsesc cu uşurinţa marile cauze pentru marile evenimente. Au existat numeroase semnalecanalul se mişca în sus şi în jos puţin în timpul operaţiunilor, cu siguranţă un comportament neobişnuit; şi au existat anormali inexplicabile în ceea ce priveşte presiunea, temperatura şi consumul de hidrogen. În aceste sisteme complexe, micile avertismente se găsesc pentru a fi reamintite cu orice ocazie, dar dacă am lua în consideraţie orice lucru minor…

Şi în final, există marile lecţii pe care le învăţăm. Având în vedere accidentul, există recomandări pentru un inventar mai mic, centrale mai mici, o mai mare separare între clădiri, un altfel de design al reactorului, şi mai multe măsuri de siguranţă. În industriile tehnologice înalte, nu este suficient să angajezi ca experţi în siguranţă doar oameni în vârstă care îşi privesc slujba ca luând declaraţii de la bărbaţi, care cad după biciclete. Companiile de asigurare din Regatul Unit, autorul se plânge, nu iau în consideraţie calitatea managementului în centrale şi metodele de operaţie; în schimb ei stabilesc ratele de asigurare pe diferenţele dintre hardware şi echipament. Este puţin probabil că aceste recomandări să-şi găsească uzul în practică.

Nori de vapori

Flixborough a fost o explozie de nori de vapori. Acestea sunt cele mai temute accidente din centralele petrochimice. Într-un articol despre accidentele de nori de vapori publicat în 1977, autorul spune:

Exploziile norilor de vapori au fost în anii precedenţi cauza predominantă pentru cele mai mari pierderi în industria chimică şi petrochimică. Datorită trendului îndreptat spre construcţia centralelor de mare capacitate, presiune mare, temperatură mare şi un inventar mai mare, aceste pierderi au crescut în frecvenţă şi gravitate.

Termenul de explozii de nori de vapori se referă la cele care se întâmplă în aer liber. Un gaz exploziv formează un balon, care se poate

târî câteva minute până să se aprindă. Unele dintre baloane, consemnate în raport erau într-adevăr mari. Deşi nu toate îşi au originea în accidentele din centralele nucleare, următoarele detalii indică hazardele. Într-un accident din Ilinois în 1972, 2 vagoane feroviare, implicate într-o operaţiune de „humping", unde unul îl depăşeşte pe celălalt şi coliziunea uneşte cele două vagoane, s-au ciocnit cu o forţă prea mare şi au eliberat 118.000 pounds de LPG (gaz propan lichefiat). De vreme ce vagoanele mergeau, gazul s-a împrăştiat în timp ce se scurgea. Nu au existat morţi, dar 230 de oameni au fost răniţi şi pagubele (în dolari din 1972) au fost în valoare de 10, 8 milioane. 2 ani mai târziu, în Illinois un alt accident de cale ferată a eliminat izobutan. Norul a fost de jumătate şi 3 sferturi de milă în mărime înainte de a explodala 8, 10 minute după accident. S-a estimat a fi între 200 şi 400 de tone de TNT, de zece ori mai mult decât în cazul accidentului de la Flixorough. Au fost 7 morţi şi 356 de răniţi, pagube de 21, 7 milioane. Un defect al unei valve dintr-un rezervor într-o rafinărie în New Jersey a creat un nor care s-a extins pe autostradă la 200 de mile, unde o maşină probabil a servit drept sursă de aprindere; 2 au fost răniţi. Un sistem de ţevi din Texas s-a stricat şi a condus la un nor care s-a aprins după ce a ajuns într-o fermă care a servit drept sursă de aprindere omorând un om şi rănind 4. Uneori nori nu se aprind. Un accident într-o centrală de ciclohexan din Florida în 1971 a produs un nor de 2000 de picioare lung şi lat de 1200 de picioare, şi 100 de picioare înalt, dar nu a întâlnit nicio sursă de aprindere şi nu s-a dispersat. Scurgeri de vapori din aceste centrale nu se datorează în mod necesar accidentelor de sistem, dar indică potenţialul catastrofic pe măsură ce centralele şi comunităţile se apropie una de cealaltă.

Nori de vapori sunt de origine exotică. Dar industria petrochimică poate produce interacţiuni într-un rezervor liniştit dintr-o noapte de iarnă liniştită în Pocatello, Idaho. În 1978 un rezervor de amoniac de 7.000 de tone, la o presiune atmosferică, s-a prăbuşit parţial când s-a produs o fisură în el. Rezervorul era de 74 de picioare în diametru. Din fericire, fisura care s-a produs odată cu prăbuşirea a fost la nivelul amoniacului, şi rezervorul era doar o treime plin, aşa că paguba a fost mică. Investigaţia a revelat interacţiunile.

Curentul s-a întrerupt într-o noapte când temperatura era de 10 F. Se crede că înaintea revenirii curentului cristalele de gheaţă s-au

format în sistemul de aerisire care măsoară presiunea în rezervor şi care o transmite camerei de control. (eroarea nr. 1). Alt indicator al presiunii există, dar era de asemenea conectat cu transmiţătorul (eroarea nr2.). Un al treilea indicator era un simplu manometru pe vârful rezervorului dar deoarece existau celelalte indicatoare, acesta a căzut în dizgraţie şi verificările regulate nu au fost făcute. (eroarea nr. 3). Chiar dacă manometrul nu era stricat este puţin probabil ca cineva să fi fost trimis pe o vreme de 10 grade să urce rezervorul de 75 de picioare, existând doar o mică probabilitate că instrumentele erau defecte datorită cristalelor de gheaţă formate.

Prăbuşirea rezervorului a fost cauzată de valvele de aerisire. Un rezervor lat şi înalt cât un apartament necesită o presiune internă constantă. Pe măsură ce rezervorul şi componentele sale se încălzesc sub soare, presiunea trebuie să fie scăzută. Toate acestea sunt făcute de un instrument care eliberează presiune la un anumit moment şi ventilaţie la alt moment. Cu câteva luni înainte de accident operatorii au înlocuit valva originală cu una nouă. Era o valvă greşită. Nu avea capacitatea necesară de aerisire. Mai mult, întreţinerea în verificarea performanţei valvei noi, doar verifica presiunea şi nu aerisirea. În mod normal, această caracteristică nu este utilizată. Pe măsură ce amoniacul este retras, compresoarele sunt folosite să pompeze aer. Chiar fără frigul năprasnic ar fi existat o eroare, pentru că amoniacul se contractă noaptea, compresoarele merg să ţină presiunea mare a aerului. Dar sunt controlate de sistemul instrumental astfel încât eroarea să poată duce la o presiune de aer insuficientă.

Apoi, boilerele au cedat. 9 dintre cele 22 de boilere care se aflau în pământ sub rezervor (o parte din fundaţie) au cedat. De aceea amoniacul s-a contractat atât de tare, nu a fost încălzit suficient. A fost combinaţia acestor factori diverşi (instrumentele, valva şi boilerele) care a provocat prăbuşirea: unul sau chiar doi ar fi putut fi corectaţi de măsurile de siguranţă sau dacă ar fi fost descoperite la timp.

Operaţiunile de revenire au revelat alte interacţiuni complexe. De fapt, au fost 2 prăbuşiri: după prima, compresoarele ar fi trebuit să fie oprite imediat din măsuri de siguranţă. Ar fi reînceput la scurt timp, dar cu insuficienţă de instrumente nu era posibil să fie menţinută presiunea dinăuntru.

Rezervorul s-a rupt într-o parte. Ruptura a permis intrarea aerului şi a ecualizat presiunea. Dar exista pericolul unei combinaţii

explozive, astfel încât rezervorul a fost învăluit cu nitrogen (gaz inert). Această pătură a redus parţial presiunea amoniacului din rezervor, provocând ca temperatura amoniacului să scadă sub limita normală de – 34 F. Personalul a decis să-şi asume riscul unei combinaţii explozive, iar epurarea de nitrogen a fost deconectată deoarece subrăcirea amoniacului ar fi adus conţinutul sub temperatura sub care rezervorul de oţel şi fundaţiile sale erau construite.

Accidentul a fost unul prozaic, trivial într-o industrie unde există în medie un incendiu în fiecare centrală la 11 luni, şi 1, 400 de incendii la rezervoarele de ferma pe an. Dar incidentele triviale, prozaice dintr-o întreprindere pasivă pot interacţiona şi cauza o mare explozie într-o întreprindere mare. Din fericire, Pocatello e mic şi izolat.

O cădere de curent dintr-o centrală în Louisiana a determinat reluarea sistemului. Un boiler mare aduce gazele folosite pentru sinteză la o temperatură care face reacţia suportabilă. Radiatorul este 61 de picioare în înălţime, câteva în diametru, şi stă lângă multe ţevi şi aproape de nişte clădiri. Un compresor trimite gaz în boiler unde arde şi încălzeşte bobinele care conduc gazul folosit pentru sinteză. În mod normal, gazul natural e ars în radiator, dar compresorul pentru acest sistem nu funcţiona, astfel încât gazul procesat a fost folosit în schimb, aşa cum s-a procedat şi în alte situaţi.

Boilerul a fost aprins la 4.30 după amiaza. 3 ore mai târziu operatorii erau pregătiţi să mărească focul, dar când au pus mai mult gaz s-a auzit un zgomot, şi temperatura boilerului nu a crescut la nivelul potrivit. Au verificat aliniamentul valvei la boilerul de început, apoi operatorul din camera de control a decis să crească cursul sintezei gazului prin sistem, sperând ca acest lucru să-l încălzească mai repede. Aşa s-a întâmplat, temperatura sintezei gazului a început să crească, şi toate condiţiile operatorii păreau normale. Din fericire, tehnicieni care munceau lângă boiler au părăsit zona. La scurt timp boilerul s-a fisurat şi cele două valve mecanice s-au închis permiţând focului să se stingă singur.

Investigaţiile ulterioare au ilustrat faptul că înlocuitori în sistemele interactive complexe nu sunt aşa de uşori ca în sistemele liniare. În mod normal, înlocuirea compresorului de gaz procesat cu unul natural, nu ar trebui să creeze probleme. Dar nimeni nu a realizat că, deoarece compresorul de gaz natural nu opera, presiunea de

absorbţie a compresorului de gaz de sinteză, ar fi un pic mai joasă decât normal. Anumite conexiuni necunoscute există între cele 3 compresoare separate-astfel încât primul îi afectează temperatura celui de-al treilea, deşi sunt independente. Mai mult, o altă condiţie trebuie să influenţeze această interdependenţă de vreme ce nicio problemă nu apăruse când primul a fost substituit de al doilea, în alte ocazii. Raportul de investigaţie nu indică calea, dar dă vina pe operatori că nu au găsit-o. Efectele acestei condiţii anormale (faptul că compresorul de gaz natural nu funcţiona şi gazul procesat a fost folosit) nu au fost conştientizate de personalul operator.

Raportul învinovăţeşte operatorii pentru că nu au supravegheat de aproape indicatorii care monitorizau debitul de gaz de sinteză prin boiler, din care ar fi rezultat că ceva se întâmpla. Dar raportul ia în vedere faptul că „indicatorii de debit erau consideraţi a fi de neîncredere deoarece nu era nicio indicaţie de debit atât în timpul operaţiilor normale şi în condiţiile de pornire, în special când ambii convertori funcţionau simultan", aşa cum se întâmpla şi atunci. Operatorii au fost învinovăţiţi şi că nu monitorizat un debit care era atât de nesigur încât nu putea fi măsurat. Nu conta oricum, de vreme ce ambii indicatori de debit au fost setaţi incorect, şi mai mult alarmele care indicau un debit mic, au fost dezarmate deoarece au provocat neplăceri în timpul operaţiilor normale. Mică e mirarea, după toate acestea că indicatorii de debit nu au fost supravegheaţi de aproape.

Investigaţiile post-accident au scos la iveală faptul că producătorul bobinelor boilerului de pornire a upgradat specificaţiile pentru bobine în urmă cu 11 ani, dar centrala nu a făcut nicio schimbare. Dacă ar fi procedat aşa, bobinele ar fi fost din oţel inoxidabil, cum cereau specificaţiile şi nu s-ar fi produs fisura. Pe timpul următoarei închideri de întreţinere schimbarea a fost făcută, alături de alte multe schimbări. Compania a relocat instrumentele necesare în timpul incendiului la boiler, într-o locaţie sigură şi a adăugat indicatori ai debitului mai buni şi întrerupătoare să oprească gazul de sinteză când avea un debit mi. Un alt om a fost pus să supravegheze unitatea când este sub condiţii de pornire şi a fost conceput un „manual de folosire". Dar nu era timp de măsuri de siguranţă când centrala nu funcţiona după incendiu. Articolul evidenţiază presiunile de producţie: „ca de obicei după o închidere neplanificată, fabrica trebuie să se redeschisă în scurt timp". Au

reparat bobina, şi 4 zile mai târziu au pus fabrica pe picioare.

Având în vedere graba de a relua activitatea neţinând cont de deficienţe şi existând prezenţa interacţiunilor derutante, a indicatoarelor de debit irelevante, şi o greşeală inginerească să îmbunătăţească bobinele, aşa cum era specificat, ar părea surprinzător să găseşti două dintre cele trei cauze ale accidentului, în concordanţă cu raportul oficial, să fie atribuite erorilor de operare. Operatorii nu au estimat „parametrii critici" ai acestei operaţi şi nu au realizat că era o condiţie anormală de pornire. A treia cauză menţionată a fost greşeala de a avea un om decât la pornire. În discuţia care a urmat după prezentarea raportului nimeni dintre cei care se ocupau cu întreţinerea nu a fost de acord cu comitetul de investigaţie. De exemplu un inginer de la altă companie a spus: „Avem tendinţa de a face multe lucruri foarte des, fără să spunem operatorilor ce trebuie să facă şi de ce ne-am răzgândit". Altul a zis că pledează pentru corectarea acestor probleme prin designpus în oţel inoxidabil, atunci nu contează la ce temperatură ajungi, trebuie să fi în siguranţă şi dacă „te bazezi doar pe operatorii bine pregătiţi, vei da greş". Alţi au zis că au probleme similare cu boilerele. Un inginer de la altă companie a descris un accident similar. A spus că au avut un bulgăre de foc la 100 de picioare de boiler şi că „este cel mai înfricoşător lucru pentru personal. Unul dintre oamenii noştri au încercat să renunţe la slujbă pentru a evita să se îmbolnăvească psihic şi alţi oameni au fost temători pentru o perioadă lungă de timp". Fără îndoială de vreme ce doar bobina de sus a fost afectată şi am tăiat bobina, am extras-o pe următoarea li le-am unit pe amândouă". A doua zi făceam amoniac din nou". Remarcile sale oferă o privire în cultura industriei care nu suportă amânări. Autorul lucrări care analizează accidentul oferă o privire asupra culturii contradictorii a muncitorilor". Avem o centrală adiacentă la 100 yards mai departe de boilerul de pornire, aşa că echipa a avut o privire de ansamblu a incendiului. Când unitatea s-a fisurat, au decis destul de repede că nu erau plătiţi suficient să rămână, aşa că au fugit spre poartă".

Asigurarea muncitorilor este o temă care apare ocazional în jurnalele de siguranţă. A fost o problemă distinctă când o explozie într-o centrală de dioxid de carbon lichid în Ungaria, unde 5 angajaţi au fost îngheţaţi instantaneu, şi dioxidul de carbon a răcit echipamentul la – 118 F, făcând operaţiune de salvare a altor 4 oameni

imposibilă. Alţi 15 au fost grav răniţi de îngheţ sau de aşchii de metal. Erorile în acest accident sunt multe plecând de la oţelul subgradat a fost folosit, proceduri de preîncălzire nepotrivite, formarea banchizelor de gheaţă datorită vremii reci şi valvei de siguranţă proaste. Dar fiţi atenţi la comentariul celor doi ingineri de la centrală, referindu-se la cerinţele de siguranţă post-accident". Anumite măsuri de siguranţă au drept scop calmarea atmosferei de panică şi stres printre personalul sub efectul exploziei".

Ultimul accident la care ne vom referi în acest capitol, nu merită a fi notat pentru dimensiunea sa, dar pentru evaluarea autorului articolului (un inginer de la centrală, la momentul accidentului) şi pentru alte sisteme complexe.

Într-un sens a fost doar un simplu accident: 3 întreruperi de curent consecutive au cauzat ca un ventilator să funcţioneze sub viteza necesară. Drept consecinţă un element s-a supraîncălzit şi a explodat. Din fericire, nimeni nu a fost în apropierea ţevii la acel moment astfel încât daunele, deşi extinse au fost limitate la zona din apropiere. Centrala mersese bine, dar existau dificultăţi în a păstra temperatura la 900 F în sistemul de aburi supraîncălzit. De fiecare dată când centrala se oprea şi pornea din nou, temperaturile variau, dar nicio daună nu s-a produs. Alarmele temperaturilor prea mari existau, dar operatorii au învăţat să le ignore.

O parte din procesul de reîncepere include reducerea presiunii generale. De reţinut, lipsa cunoştinţelor în această parte şi consecinţele pentru operatori.

Procedura presupunea că reducerea presiunii de gaz ar afecta în mod direct procesul de ieşire a temperaturi din reformator. Am învăţat că acest lucru nu se aplică pe toată gama de presiuni ale gazelor. Ceea ce se întâmplă este că cu o condiţie, la momentul epurării gazului, orice combustibil în plus peste rezerva de aer arde în secţiunea de convecţie şi nu realizează nicio schimbare în procesul de eliminare a temperaturii. Doar monitorizând temperatura operatorul poate interpreta greşit reducerea necesară presiuni.

În plus, deschizând capsulele de convecţie, să răcească această secţiune astfel încât să recupereze aburul pierdut din schimbător, temperatura ar creşte câteodată mai degrabă decât să scadă, datorită combustibilului primar nears. Acest lucru nu a fost înţeles la început.

Au existat şi alte probleme. „La pornire controlul supraîncălzirii

este o problemă delicată". Acest lucru este datorat utilizării desulfurizării cu oxid de zinc, şi chiar cu capsulele de siguranţă larg deschise, temperatură în exces este generată. Bobinele supraîncălzite, articolul notează, sunt greu de ţinut în limite normale când jumătate sau mai mult din rezerva de abur vine de la un boiler auxiliar. Apoi, ventilarea nu a avut suficientă putere: „Pentru a face lucrurile mai grav, „, obloanele erau blocate deschise, având în consideraţie şi deficienţele boilerului auxiliar, a fost o fericire că unitatea nu s-a împrăştiat în tot decorul.

De notat numărul mare de interacţiuni complexe din această parte a sistemului, unele dintre ele surprinzătoare, cum ar fi utilizarea boilerului auxiliar. De notat de asemenea problemele de design; viteza fantei şi căldura adăugată prin folosirea oxidului de zinc pentru desulfurizare. Apoi am avut o eroare de echipament. De avut în vedere numărul mare de instrumente care ar fi trebuit pentru verificări potrivite la nivelul componentelor şi interacţiunilor. În sfârşit, lipsa înţelegerii dinamicii particulare a micilor părţi ale sistemului, cum ar fi problemele după ardere care au cauzat o interpretare greşită la nivelul operatorului. Autorul, care după cum vă amintiţi, era un inginer la centrală, pare să ne împărtăşească temerea.

Acum când eroarea catastrofică este vie în minţile noastre, nu este indicat să se repete. De vreme ce relaţiile schimburilor de căldură sunt câteodată obscure operatorilor datorită multiplelor variaţii, este de temut că undeva în viitor această cunoaştere se va schimba cum se schimbă oamenii, şi timpul va eroda amintirea catastrofei.

Cum reiese din eveniment, orice peste 900 F este prea cald. Este posibil de lucrat această limită chiar dacă nu au fost făcute toate schimbările recomandate. Dacă toate acestea ar fi fost cunoscute înainte de 11 decembrie, eroarea nu s-ar fi produs; poate să fie atribuită lipsei de experienţă şi diagnosticului mecanic greşit.

Cum noua generaţie de reforme ale aerului supraîncălzit stă să se nască, sensibilitatea temperaturii aburului este puţin probabil să continue fără ajutor dat operatorilor.

După ce lucrarea prezentată, un participant a zis că nu este noutatea centralei problema. Chiar în centralele vechi, spune el, ne ne luptăm să o controlăm… Cum este acum, suntem în dificultate şi nu cred că este cineva aşa sofisticat încât să controleze centrala într-un mod sigur. Problema în acest subiect, pare a consta în natura

sistemului strâns legat, foarte interactiv, nu în designul sau deficienţele echipamentul pe care oamenii le-ar putea depăşi.

Concluzii

Sunt cunoscute centralele petrochimice, mai mult decât cele nucleare. Au fost prezente de un secol şi au provocat puţine daune. Cel mai mare ucigaş, o explozie într-o I.G. Farben centrală chimicală în Germania în 1921 a provocat moartea a 550 de oameni, cea mai mare serie de explozii, în Texas a ucis 56 şi a rănit 3.000. Centralele petrochimice au contribuit puţin la suferinţa umană, fără a include poluarea aerului şi alte forme de contaminare. Dar un anumit personal al industriei este îngrijorat că scala, complexitatea şi apropierea de comunităţile umane au crescut semnificativ. Centrala de pudră Dupont, pe malul râului Brandywine în Delaware în sec. 19 avea pereţii înspre râu constând din material nesubstanţial astfel încât exploziile frecvente ar fi. avut consecinţe. asupra râului. Această precauţie nu mai este posibilă: orice arie metropolitană mare este încercuită de sau adiacentă cu concentraţiile letale.

Odată cu creşterea numărului de centrale au crescut şi măsurile de siguranţă. Cel puţin pare că odată cu creşterea producţiei pierderile anuale din accident au scăzut. În ciuda neglijenţei şi grabei şi a lipsei de cauţiune în exemplele date, documentele industriei par a fi mai bune decât cele din industria energiei nucleare., deşi este greu de stabilit acest lucru. Este o industrie cu mii de ani de experienţă pentru configuraţiile majore.

Dar se pare că începem să atingem acel punct al experienţei şi în curba învăţării unde potenţialul pentru interacţiuni nonliniare este crescător geometric. Noul proces pare a fi mai complex decât cel vechi. Centralele de amoniac şi benzină nu se vor schimba dramatic, deşi procesul va suferi anumite modificări, dar noile produse cu nume nepronunţabile (şi proprietăţi surprinzătoare) se vor produce. Având în vedere că natura sistemului de transformare necesită interacţiuni nonliniare şi un cuplaj mai strâns ca niciodată, riscul pentru accidente de sistem vor creşte fără îndoială. Pericolul pentru ariile metropolitane din preajmă pare a creşte de asemenea. Am putea avea o explozie de nori de vapori care ar putea distruge o milă pătrată din pământ locuibil, mai degrabă decât a distruge o fermă izolată şi familia sa.

Este puţin probabil că, ajungându-se la nivelul în care o

neînţelegere a interacţiunilor posibile, designeri şi membrii corporaţiei se vor retrage. Acest lucru este întărit de cultura industriei. Oraşul Texas şi-a reconstruit centralele şi rezervoarele de la fermă aşa de repede astfel încât să nu se întâmple din nou. Pământul este scump în San Francisco Bayş este puţin probabil ca centralele să pună mai mult spaţiu între rezervoare, sau între ele şi comunităţile aglomerate. Părti din Texas şi Louisiana par vaste Go board de la 12.000 de picioare. Procesele noi sunt din belşug. Camera de control, îngâmfată, a unităţii mari este descentralizată în faţa complexităţii, cu controale de supraveghere sau controale distribuite ca noile cuvinte cheie. Acestea sunt computere (microprocesoare) care preiau majoritatea problemelor de control la momentul producţiei, numai funcţiile înalte fiind lăsate pe mâna camerei de control centrale. Computerizarea are drept efect limitarea opţiunilor operatorului, şi nu încurajează o vastă cunoaştere a sistemulo condiţie cheie pentru intervenţia în situaţii neaşteptate.

Dar scopul meu în acest capitol nu este să pledez pentru oprirea expansiunii centralelor petrochimice. Nu este acela de a indica potenţialul catastrofic care trece în mare parte neobservat de cei care se îngrijorează pentru aceste lucruri-deşi nu este important. Scopul acestui capitol este mai prozaic: să demonstreze că exista şi în alte sisteme care au multe interacţiuni nonliniare şi cuplaje strânse, accidente de sistem, nu doar în centralele nucleare. Analiza accidentelor din centralele petrochimice întăreşte teoria utilităţii argumentului din capitolul 3, unde este expusă teoria accidentelor de sistem. Dacă punctele din acest capitol se aseamănă cu cele din capitolul 2 despre centralele nucleare, acesta este chiar scopul.

O centrală petrochimică, asemeni uneia nucleare, rămâne un sistem de sine-stătător, deşi o divagaţie va afecta şi mediul. Mediul poate influenţa-un avion poate lovi o centrală, ori vremea extremă poate provoca problemedar aceste lucruri sunt puţin probabile. În următorul capitol mediul va juca un rol mult mai important, de vreme ce aviaţia foloseşte mediul într-o mai mare măsură. În plus, mediul unui avion, include şi alte avioane, la fel ca găuri de aer, fulgere, şi dezorientarea unui zbor de mare viteză. Atunci, sistemul devine mai complicat. În capitolele următoare, aceste distinţii vor fi mai importante şi mai problemative. Deşi., făcând trecerea la un avion, vom pătrunde mai adânc în problema mediului şi în dificultăţile de definire

a sistemelor.

CAPITOLUL V

Aparate de zbor şi avioanele

Acest capitol ne va aduce mai aproape decât oricare de experienţa noastră personală, de vreme ce majoritatea dintre noi am zburat cu avioane comerciale. Având în vedere că am supravieţuit, ştim că este cel puţin sigur. Dar în continuare aparatele de zbor şi avioanele au accidente de sistem, cum vom vedea, şi sunt multe exemple de presiuni de producţie, abuzuri, design incompentent, şi inactivare regulată. De ce ai zburat neţinând cont de pericol, atunci? Sunt anumite condiţii de structură unice în această industrie care promovează siguranţa, şi în ciuda complexităţii şi a cuplajului, fixurile tehnologice pot lucra în anumite zone. Dar avem în continuare accidente deoarece aparatele de zbor şi avioanele rămân un sistem complex şi cuplate, dar şi datorită faptului că cei de la conducere îi forţează limitele. Din fericire, tehnologia şi aptitudinile piloţilor şi a controlorilor de trafic aerian rămân înaintea presiunilor, şi rezultatul a fost creşterea siguranţei, deşi nu la fel ca în deceniile trecute. Dar de vreme ce prăbuşirile au scăzut, şi coliziunile din aer au dispărut, puţin s-a făcut în legătură cu incendiile din cabină care ar fi ucis sute. Cu mici inconvenienţe., sistemele ar fi mai sigure în legătura cu prăbuşirile, şi mult mai sigure în legătură cu revenirile post accident.

…pag 123 – 145…

Sumar: Sistemul de aeronave

Destule dovezi au fost prezentate ca să sugereze o complexitate considerabilă şi o cuplare în sistemul de aeronaveechipamentul, echipajul, şi mediul imediat înconjurător. Unele din ele provin din surse neînsemnate, ca de exemplu echipamentul de bucătărie; unele din ele sunt atât de exotice încât să fie extrem de speculative, ca de exemplu depăşirea graniţelor bufetului. Multe din dovezile între aceste două poziţii sunt datorate neaşteptatelor interacţiuni electronice sau problemelor de proximitate. Ceea ce previne sistemul de aeronave de la a fi mai riscant decât este în prezent este probabil experienţa vastă de operare câştigată de-a lungul mai multor decenii de zbor. Spre deosebire de plantele nucleare, sau de plantele nucleare, exista „testări” repetate ale echipamentului sub încărcare maximă la pornire şi oprire – mai multe pe zi pentru zboruri comerciale – în condiţii realiste şi adeseori extreme. Cu şaptezeci de ani de experienţă, fiecare

model nou se construieşte în baza lecţiilor celor precedente. În timp ce am observat că avertizările nu sunt luate în seama uneori, cu DC-10 şi cu Learjets de asemenea, avertismentele sunt abundente şi sunt luate în serios.

În sistemul de aeronave, mai mult decât în orice altă industrie pe care am lua-o în considerare, a existat timpul, stimulantul, resursele, şi talentul de a proiecta tampoane şi dispozitive de siguranţă, şi de a furniza o pregătire exemplară pentru operatori experţi neobişnuiţi. Este de asemenea aparent ca pentru succesul comercial în transportul aerian, accidentele să trebuiască să fie reduse. Dar nucleul dur al accidentelor sistemului, fiind mic, probabil nu o să se mai micşoreze. Şi aceasta se datorează faptului că odată cu avansarea în echipament sau pregătire, presiunile împing sistemul la limitele lui. Noul Boeing 767 este proiectat să aterizeze cu o vizibilitate de numai 100 de picioare – echipajul poate aduce avionul jos fără să fie capabil să vadă de la partea din faţă până la coada propriului avion. Cel puţin, ei sunt susceptibili să se piardă pe pistă.

Pe măsură ce ne îndreptăm spre sistemul mai mare – aerospaţialele – complexitatea şi legăturile din sistemul de aeronave sunt compuse din cele ale altor aparate de zbor şi ale celor care controlează de la sol. Chiar şi aici, intervenţiile tehnologice au fost remarcabile. Sistemul mai mare nu este unul transformat, ci unul aditiv, sau unul fabricat, ca să spunem aşa. Ar trebui să fie simplu să ferim avioanele să intre unul în celălalt, şi să le orientăm către poziţia optimă pentru aterizare; este o sarcină mecanică. Dar, aşa cum vom vedea în continuare, chiar şi mici obiecte într-un spaţiu tridimensional mare constituie o sursă potenţială de accident.

Sistemul aeronautic

Beretele portocalii

Zona Los Angeles este acoperită de autostrăzi şi dotată cu aeroporturi de toate dimensiunile conduse de variate grupuri şi guverne. Să conduci pe un astfel de drum îţi dă impresia că lumea întreagă se mişcă, pe pământ şi în aer. Pe autostrăzi se rulează greu în zona aeroporturilor, şi aeroporturile au avioanel care mişcă apa din piscinele din curţi. Aşa cum automobilele se îngrămădesc dimineaţa şi seara, şi avioanele, comerciale şi private, sunt într-o ordine strânsă atunci când trebuie să aterizeze, şi aşteaptă la rând ca lumina să se schimbe ca să li se poată alătura celorlalte avioane din atmosferă.

Pe măsură ce oraşul s-a extins foarte mult, la fel s-a întâmplat şi cu autostrăzile şi cu aeroporturile. O extindere recentă a fost Aeroportul Wayne Orange County, redenumit Aeroportul John Wayne Orange County în onoarea cetăţeanului său proeminent. Sunt numai două autostrăzi, paralele una faţă de cealaltă şi foarte apropiate. Terminalul nu se avântă, şi unul seamănă cu Madison, Wisconsin, ca dimensiune a clădirii. Zona, este, bineînţeles, plată, dar cu o cale ferată la capătul celor două autostrăzi, şi încă una pe o parte, aeroportul pare sfărâmat, ca şi cum ar fi strâns cu cureaua ca să intre în spaţiul mic dintre cele două autostrăzi paralele. Să te târăşti pe autostradă în timpul a ceea ce se numeşte „jet rush = graba Jet-urilor" este o experienţă palpitantă; Jet-uri imense zboară la un mai mult de 150 de picioare deasupra solului, ceea ce reprezintă înălţimea unei clădiri medii de birouri dintr-un oraş normal. Pe cealaltă autostradă, dacă este o ruptură în trafic, tu poţi să alergi pe fâşia ta de ciment, în timp ce ai aleargă pe a lor; ei câştigă întotdeauna. În turnul de control la capătul uneia dintre autostrăzi, limbajul controlorilor şi piloţilor este laconic şi scurt, zgomotul de la John Wayne dezlegând dileme simple cu certitudinea moralităţii filmului. În ciuda dimensiunii vestice mici, Aeroportul John Wayne Orange County a fost, cel puţin în 1980, al patrulea cel mai aglomerat aeroport din ţară, cu peste jumătate de milion de zboruri în anul respectiv, sau 1.500 pe zi.

În timpul „grabei Jet-urilor" într-o zi senină din februarie 1981, controlorul de trafic avea la momentul respectiv şase avioane de dirijat, trei Boeing 737, un Beech Baron, un Bonzana şi un Cessna. Dar era complicat să fie avioanele mici, lente amestecate cu cele rapide şi mari. Unul din cele model 737, coordonat de Air California, trebuia să aterizeze, şi un altul, coordonat tot de Air California, trebuia să decoleze. Să îl numim pe primul „X" şi pe al doilea „Y". Lui „X" i s-a dat permisiunea să aterizeze, iar lui „Y" să decoleze. Controlorul a observat apoi că dintanţa dintre cele două nu era suficientă – se numeşte „separare". Aşa că i-a transmis lui „X" să amâne aterizarea şi să se mai învârtă, ceea ce înseamnă să facă un cerc complet; şi i-a transmis lui „Y" să anuleze decolarea şi să se retragă de pe pistă. „Y" a fost încet în manevra de retragere de pe pistă până la banda taxi, şi „X" a fost încet în renunţarea la manevra de aterizare (confor cu majoritatea NTSB). „X" a coborât echipamentul de aterizare, apoi l-a retractat pe măsură ce încerca să se ridice, a eşuat manevra şi a decis că trebuie să

aterizeze, dar aparent nu a fixat echipamentul jos în timpul aterizării. Echipamentul s-a desprins, cele două motoare s-au desprins de aripi, şi avionul a derapat şi a ajuns la o oprire, cu 600 de picioare înainte de o staţie de pompieri, unde a izbucnit în flăcări. Evacuarea a fost eficientă şi la timp, dat fiind faptul; că scaunele erau rupte şi compartimentele de bagaje de deasupra de asemenea. Au fost patru răniţi grav şi niciun mort. Avionul a explodat succesiv de două ori.

Uitându-ne în spatele acestor evenimente vom arunca o privire în viaţa unui controlor de trafic şi a pilotului cu care acesta colaborează. Este o poveste despre presiuni de producţie, jonglarea cu rătăcirea avionului, dilemele pilotului, şi poate şi despre aeroporturi nesigure. Este un bine, deşi complicat, să aruncăm o privire la un minut din viaţa unui controlor şi a unui căpitan, şi astfel să devenim mulţumitori pentru fiecare aterizare sigură în Range County.

Într-un aeroport aglomerat cu numai două piste, cineva poate să presupună că presiunile de producţie sunt destul de grele. Controlorul de trafic a depăşit separarea cerută de situaţie direcţionând activităţile, dar a fost exonerat de către trei membri ai NTSB. Ei au învinuit pilotul avionului „X" pentru întârzierea în renunţarea la aterizare şi pentru mânuirea improprie a avionului, şi au lăsat o parte din vină pentru întârzierea lui „Y" în renunţarea la decolare. Dar un alt membru al „Bordului de Siguranţă" a fost de altă părere. Separarea a fost clar inadecvată, iar controlorul de trafic a greşit încercând să aducă un avion jos în timp ce un altul decola pe o pistă scurtă. Controlorul de trafic a spus că separarea aşteptată a fost adecvată şi a fost destul de normală pentru Aeroportul John Wayne Orange County. (Separarea constă într-o distanţă de 6.000 de picioare; în acest caz a fost de numai 3600 de picioare). Putem să lăsăm NTSB-ul la disputele lui; ceea ce ne interesează este problema pe care operatorii au întâmpinat-o, chestiune pe care o vom regăsi în capitolul care se ocupă de sistemele marine. Aceasta se găseşte în sisteme de complexitate şi legătură moderată sau ridicată.

Să ne uităm cu atenţie la pilotul avionului „X", care cu siguranţă nu este lipsit de vină, dar care s-a confruntat cu o problemă neaşteptată. Mai întâi i s-a acordat permisiunea să aterizeze după alte două avioane, încă un 737 şi un Beech Bonzana mic. Dar el nu a văzut avionul Beechcraft şi l-a întrebat pe controlorul de trafic (numărul lui „X" este 336): „Orange County aici 336, nu avem traficul secundar; ne

puteţi spune unde e". Turnul a replicat: „Probabil că va ajunge în spatele vostru, îl am pe un trei şaizeci în direcţia vântului; vedem cum o scoatem la capăt". Avionul Beechcraft trebuia să se întoarcă la 360 de grade şi să ajungă înaintea lui „X", dar a făcut o întoarcere prea largă, aşa încât controlorul de trafic a decis să-l aducă la sol după „X". În minutul următor „X" şi-a verificat lista de aterizare (echipamentul de aterizare, viteza de frână, aripioarele la 15 grade, anunţarea echipajului, aripioarele la 25 de grade şi aşa mai departe), în timp ce controlorul de trafic vorbea cu un alt avion intrat în scenă, un alt 737 aflat în poziţie de aterizare şi căruia i se dăduse permisiunea, a schimbat succesiunea avionului Beech Bonzana după „X", a acordat permisiunea pentru un Cessna să decoleze pe a doua pistă şi a acordat permisiunea (3 secunde mai târziu) lui „Y" să treacă din poziţia de taxi pe pista principală pentru decolare. Sună a fi mult, dar este într-adevăr a povară mare pentru un controlor de trafic; într-un minut se pot întâmpla multe într-un aeroport. În următoarele 20 de secunde, el a anunţat avionul Cessna aflat în decolare despre turbulenţele cauzate de „Y", care urma să decoleze, a conştientizat concluzia aterizării avionului 737 dinainte, pe care „X" îl succeda, şi l-a împins pe „Y" să se mişte pentru că „Boeing 737 o milă şi jumătate până la final".

La acest punct „Y" şi-a dat seama că „X" venea în timp ce el făcea manevra de ieşire pe pistă pentru decolare; dar la bordul lui „X", cu câteva secunde mai devreme, căpitanul i-a spus ofiţerului: „Nu va reuşi (întoarcerea)". Haideţi să începem să numărăm secundele din acest punct. Şapte secunde după acest comentariu de avertizare al căpitanului, „Y" a transmis prin radio către turnul de control: „Ne învârtim la vedere"; două secunde mai târziu căpitanul de pe „X" a transmis prin radio: „Du-te"; două secunde mai târziu un Cessna a contactat turnul spunând că face o întoarcere largă. Controlorul de trafic era la momentul respectiv distras de la problema „X" şi „Y" de această situaţie, pentru că îi spusese lui Cessna să meargă în direcţia vântului, şi nu să întoarcă. El i-a spus: „Vreau să mergi în direcţia vântului, domnule. Bine, văd drumul acolo. De ce nu faci un raport trei şaizeci din nou la bază. Ajungi să urmezi traficul adiţional Air Cal" (ceea ce înseamnă «vino după „X"»).

În acest timp, căpitanul lui „X" a redus puterea la „flight zile" şi a coborât aripioarele la 40 de grade ca să încetinească avionul. „Y" era la vedere pe pistă. La aproximativ trei sferturi de milă în faţă, pe punctul

de a decola; încetinirea a părut să fie o decizie prudentă. Trei secunde mai târziu, căpitanul lui „X" a spus (nu la radio), „Vino". Şi ofiţerul primar a spus „Ah e „(în raporturile de accidente, e este definit ca un „cuvânt nepertinent" deşi în acest caz părea foarte pertinent). Aceasta a fost la 11 secunde după comentariul: „Nu va reuşi întoarcerea". Două secunde mai târziu, ofiţerul primar a spus „Nu ar fi trebuit să-i dea drumul aici". Apoi controlorul de trafic, după ce a direcţionat Cessna, s-a întors la „X" şi „Y" şi a văzut pericolul. I-a spus lui „X" să se întoarcă. Căpitanul i-a spus că a început să micşoreze puterea motorului pentru aterizare şi a ordonat ofiţerului să ridice echipamentul de aterizare şi aripioarele de la 40 la 15 grade. A spus că maneta era împinsă la maxim, dar motoarele nu se mişcau (e nevoie de 6 până la 8 secunde ca motoarele să ajungă la un maximum de împingere). Trei secunde mai târziu căpitanul i-a spus ofiţerului „Putem să ţinem, întreabă-l dacă putem… să ţinem" – ceea ce înseamnă: putem să continuăm aterizarea. Ofiţerul primar a întrebat turnul de control „Putem să aterizăm?". Turnul vorbea cu „Y", spunându-i să renunţe la decolare. Când conversaţia s-a terminat turnul i-a spus lui „Y", Apel aerian trei treizeci şi şase, vă rog faceţi o întoarcere. Traficul va părăsi plecarea". (Ceea ce înseamnă „Y" va părăsi pista).

Căpitanul a spus că a crezut că ar trebui să aterizeze, aşa că a coborât echipamentul de aterizare. Nu a fost destulă putere, a spus el, ca să se ridice pentru o întoarcere. A redus puterea şi echipamentul de aterizare s-a lansat. Cel care înregistrază în cabina pilotului sugerează totuşi, ca decât să răspundă primului ordin de „rotire" (pentru că acestea sunt ordine, indiferent de cât de politicos ar fi transmise), el doar a retras aripioarele şi nu mai devreme de 8 secunde a aplicat puterea maximă. Bordul de siguranţă crede că căpitanul era încă legat de pământ la acest moment şi nu a aplicat putere maximă pentru „rotire" până nu i s-a dat acest ordin a doua oară. Majoritatea din Bord aparent crede că căpitanul a retras echipamentul de aterizare în timp ce avionul derapa, dar poziţia lor este abiguă la acest moment. De asemenea ei cred că el venea prea repede iniţial, şi apoi a încetinit aşa de mult încât ar fi fost foarte dificil să facă o întoarcere-rotire în caz că aceasta ar fi fost necesarţ în ultimul moment (aşa cum a fost de fapt). Majoritatea Bordului era gata să ceară perfonmanţa perfectă a căpitanului, dar să ignore violarea regulii separării de către controlorul de trafic. Singurul membru al Bordului a făcut exact invers,

punând toată vina pe controlorul de trafic şi considerându-l pe pilot nevinovat.

Este destulă vină pentru toată lumea, ceea ce sugerează că sistemul este de vină. (1) Un controlor de trafic a violat regulile separării care urma să treacă Aeroportul John Wayne Orange County de la a fi al patrulea cel mai aglomerat aeroport din ţară, la al cincizecilea. (2) Două avionae ale aviaţiei generale folosind acelaşi aeroport au eşuat în îndeplinirea instrucţiunilor, cu urmarea că primul avion a schimbat secvenţa în ultimul moment (un eveniment minor, dar ştim cum evenimentele minore pot schimba multe) şi al doilea a distras controlorul de trafic încercând să execute o secvenţă foarte strânsă în timpul „jet rush". (3) Căpitanul lui „X" a observat problema, dar nu a primit o analiză de confirmare de la controlorul de trafic, care era distras, aşa încât cptitanul a sperat că „Y" se va mica repede. (4) „Y" şi-a întârziat decolarea din motive necunoscute (deşi această întârziere este disputată de membrul cu părerea opusă faţă de restul), ceea ce a înrăutăţit situaţia. (5) cptitanul lui „X" era hotărât să aterizeze, din moment ce a încetinit atât de mult ca să-i dea lui „Y" posibilitatea să decoleze. (Dacă ar fi mers mai repede renunţarea la aterizare, care ar fi fost posibilă, poate că ar fi provocat coliziunea cu „Y" dacă acesta ar fi decolat, ceea ce se presupune că ar fi trebuit să fi făcut la momentul respectiv). (6) Manevra de ultim minut de renunţare la aterizare a lui „X" a eşuat, probabil pentru că, aşa cum raportează bordul de siguranţă, schimbarea aripioarelor de la 40 la 15 grade nu a fost acompaniată de o compensare adecvată în mişcarea avionului şi a „unghiului de atac". Suspectez că căpitanul renunţa şi ateriza în acelaşi timp, şi nu a făcut niciuna din aceste manevre corect. Astfel de greşeli nu ar trebui să fie făcute de căpitani de avionare – sau de căpitani de vase sau de operatori de plante nucleareşi nici nu se fac, aproape niciodată. Dar astfel de greşeli încă pot şi vor mai apărea.

(Eşecul în coborârea echipamentului de aterizare sau în blocarea lui în poziţie nu este neobişnuită. În Navy se spune o despre o situaţie când erau 14 instanţe, câţiva ani mai târziu, de piloţi care au încercat să-şi scoată avionaele de pe un vas de transport având sfertul exterior al aripilor încă în poziţie verticală – poziţia de parcare care permite economisirea de spaţiu pe vas. Trei dintre piloţi erau destul de abili sau de norocoşi ca să menţină controlul după decolare şi să zboare în jurul vasului şi să se întoarcă pentru aterizare, cu vârfurile

aripilor încă ridicate. Doi dintre ei chiar au reuşit să aterizeze în siguranţă în acest fel. Al treilea a uitat să coboare echipamentul de aterizare şi s-a avariat!)

Cineva poate să găsească alte patru sau cinci alte eşecuri sau evenimente nelalocul lor datorate pilotului care ar fi putut să cauzeze accidentul de la Aeroportul Internaţional John Wayne. Putem să dăm vina pe controlorul de trafic din cel puţin două motive, odată pentru Cessna, poate pentru condiţiile aglomerate de la radio, şi poate echipamentul de pe „Y". Putem să învinuim de asemenea supervizorii de la Orange County; ei au permis ca un aeroport de aceste dimensiuni mici să fie utilizat ca să suporte toate avionaele private ale rezidenţilor bogaţi şi de asemenea să furnizeze zboruri comerciale către alte oraşe din California şi southwest. Cel mai important, putem să învinuim un sistem complex interactiv şi chiar strâns legat care se aşteaptă să funcţioneze la limitele maxime de securitate. NTSB trebuie să lucreze între aceste limite, şi atribuirea vinei are sens numai între aceşti parametri; odată ce facem un pas înapoi şi ne uităm la o amestecare de trafic (în termeni de dimensiuni ale avionului, experienţe pilotului şi densitate), şi locaţie, atribuirea vinei lui NTSB pare irelelvantă.

Familiaritate

Una dintre problemele care apar în mânuirea sistemelor interactive este o stare în care se complace, care vine odată cu familiaritatea. Familiaritatea este cea care permite sistemelor să funcţioneze neted; lucrurile cu care suntem familiari le facem bine. Atunci când facem ceva cu care suntem familiarizaţi însă, nu mai suntem totdeauna alerţi, nu mai căutăm acel eveniment extrem de rar. Sistemele noastre s-ar distruge dacă operatorii ar trebui să fie tot timpul vigilenţi pentru niciun alt motiv în afară de faptul că vigilenţa trebuie să fie împărţită în timpea să spunem aşa. Pilotul unui avion trebuie să-şi distribuie atenţia la o arie vastă de panele de instrumente, la radioul lui, şi la partea aceea mică de cer care se poate vedea prin acele ferestre mici. Când două avioane s-au lovit şi cincisprezece oameni au murit lângă Loveland, Colorado, în Aprilie 1981, fiecare avion avea aproape 45 de secunde să vadă celălalt avion. Pilotul care a supravieţuit a mărturisit că atenţia lui era îndreptată către punctul de pe pământ unde trebuiau să aterizeze paraşutiştii pe care-i avea la bord. Bordul de siguranţă suspectează că pilotul şi copilotul celuilalt avion îşi urmăreau traseul, observau instrumentele

sau se ocupau de alte îndatoriri din cabină. Deşi nu speculează pe asta, controlorul de trafic poate să fi fost ocupat cu alte avioane, şi poate nu a observat punctul intermitent, fără numere de altitudine sau de identificare, care să indice poziţia unuia dintre avionae.

Numeroase reguli au fost violate în acest caz: Cessna care avea paraşutişti la bord nu avea autorizaţie să zboare la peste 12.500 de picioare; lista cu zborurile planificate pentru ziua respectivă nu a fost distribuită adecvat de către ATC; pilotul Cessna nu a stabilit comunicarea radio şi nu avea transmisia necesară (un semnal radio trimis încontinuu la turnul de control) pentru zboruri peste 12.500 de picioare (o transmisie Mod C care trimite informaţii despre altitudine); managementul FAA de la Centrul Denver a ştiut de violările de altitudine şi nu a făcut nimic în această privinţă şi aşa mai departe. Fiecare din aceste violări, dacă ar fi fost corectată, ar fi putut preveni accidentul, şi câteva dintre ele cu siguranţă l-ar fi prevenit. Dar aceste violări nu au fost aşa de importante ca efectul amorţitor al familiarităţii, aşa cum se va indica în continuare.

Serviciul de paraşutism fusese în funcţiune de un an şi jumătate, şi efectuase 10.000 de sărituri individuale cu paraşuta în ultimul an. (Presupunând că au zburat în fiecare zi a anului – foarte puţin probabilasta ar însemna aproape 3 sărituri pe zi.) Avioanele lor au zburat mai sus de 12.500 de picioare fără să anunţe şi fără să aibă echipament corespunzător; controlorii de trafic primeau mesaje de rutină de la oficiul de paraşutism cum că vor sări la o milă de aeroport de la 18.000 de picioare, de la 1: 30 până la o oră după apus. Rutina probabil că a continuat ani de zile fără probleme; până la urmă e destul spaţiu acolo sus, şi şansele ca două avioane să se lovească într-o zi cu soare avându-se în vizor unul pe celălalt sunt foarte mici.

Ca adaos la rutinele familiare, ca cea de mai sus, chiar şi dispozitivele de siguranţă contribuie la neatenţie. Avionul implicat în accidentul de mai sus, un Handley Page Jetstream cu două motoare se afla sub controlul ATC, şi ştia că transimia altitudine-codată era supravegheată de controlorul de trafic de jos. Cessna a crezut de asemenea că trăsnimia lui făcea zgomotul corespunzător şi avertiza controlorul de trafic. Ceea ce echipajul de pe Cessna nu ştia era că controlorul nu folosea setarea pe ecranul lui care să recepţioneze o transmisie care nu era Mod C. În schimb, din cauza setării lui, el recepţiona doar un semnal intermitent care nu arăta o urmă pe ecran,

ci doar un punct intermitent, fără un tag de identificare. Putea să fie un mic avion privat la 5.000 de picioare, în loc de un Cessna cu 5 pasageri, aflat la 13.000 de picioare.

Controlul ar fi putut să aibă ecranul setat să recepţioneze şi că urmărească avioane la sub 12.500 de picioare, şi cu doi ani jumătate înainte, un controlor de la Denver recomandase ca acest lucru să fie cerut. Superiorii lui sau ai ei au disputat recomandarea şi au ajuns până la şeful Centrului de Control al Rutei de Trafic Aerian din Denver, care a respins-o pe motiv că ecranul ar deveni prea aglomerat. Petru zile după accident s-a răzgândit şi a cerut ca ecranele să fie setate să recepţioneze semnale de la avioane aflate sub 12.500 de picioare chiar şi dacă controlorul de trafic lucrează numai cu avioane care zboară mai sus de atât.) Chiar şi această schimbare, oricum, nu ar fi ajutat. Controlorul s-ar fi aşteptat ca Cessna să fie sub 12.500 de picioare, pentru că, mai sus de atât, este nevoie de o transmisie Mod C (dar nu era, tacit, pentru operatorii firmei de paraşutism).

Starea de a se complace care vine odată cu soluţiile tehnologice ale problemelor este notată într-un studiu NASA de 78 de coliziun în aer controlate de terminal. Studiul a descoperit că jumătate din coliziuni au implicat un avion despre care ATC nu ştia – fără transmisie, fără plan de zbor, numai un punct, dacă era şi acela, pe redar. Studiul comentează:

„Dacă aceste raporturi sunt reprezentative, mulţi piloţi aflaţi sub control radar cred că vor fi anunţaţi de trafic care reprezintă un potenţial conflict şi se vor comporta în concordanţă. Ei tind să-şi relaxeze scanarea vizuală pentru un alt avion până când este avertizat de prezenţa lui; când este avertizat de un avion conflictual, ei tind să-l caute la excluderea cerinţelor din cabină şi a scanării traficului neraportat… Controlorul de trafic aerian nu poate inorma pilotul de traficul care nu este vizibil pe ecranul lui, şi nici nu poate să efectueze separarea unui astfel de trafic. Se consideră că măcar unii dintre piloţi care primesc servicii (ATC complete) cred că vor fi anunţaţi de orice trafic care reprezintă o ameninţare, dar controlorii pot mânui traficul numai în condiţiile în care detectează ameninţările respective…"

Proverbul spune că nu cel pe care îl vezi te va lovi, ci cel pe care nu-l vezi şi pe care nu-l căutai din cauza celui pentru care ai fost alertat. Aceasta este o trăsătură a tuturor sistemelor automatice, de la controlul unei maşini la pilotul automat al unui avion. Nu ar trebui să

condamnăm sistemele; fără ele ar trebui şi să încetinim şi să mărim riscul de accidente. Ar trebui doar să notăm reziduurile pe care le lasă din interacţiuni incomprehensibile sau neaşteptate.

Exemplul nostru final se ocupă de un studiu aprofundat despre o serie de aproape-coliziuni la Aeroportul Georgia din Atlanta în Octombrie 1980. Raportul NTSB este lung de 76 de pagini, şi reconstituie în termeni grafici şi dramatici o secvenţă de 12 minute, cu diagrame şi dialoguri ATC-pilot. Evenimentul a fost foarte complicat, dar esenţialul este că controlorul de trafic nu a preluat controlul unui avion care i-a fost plasat de un alt controlor, în timp ce avionul intra în spaţiul terminalului pe care acesta îl controla, şi ca rezultat al schimbărilor în modelul de aterizare a celorlalte avioane (un eveniment de rutină), alarmele pentru evitarea coliziunii au fost activate de 4 ori. Unul din cazurile de coliziune a implicat patru avioane care ocupau aceeaşi arie de 2 mile pătrate. În două dintre evenimente, un pilot a trebuit să facă manevre severe de evitare; unul dintre piloţi a depăşit limitele celor trei motoare ale sale. Avioanele au trecut unul pe lângă celălalt la câteva picioare distanţă. Munca controlorului nu era grea (şi vremea era frumoasă şi însorită), dar în cele 12 minute, 15 avioane erau în spaţiul pe care el îl controla. cinci dintre acestea au fost implicate în alarma de coliziune, unele chiar de două ori. În camera ATC, pe lângă cele patru alarme, alarmele pentru altitudine joasă au sunat de trei ori. Sunetul este acelaşi, şi controlorii tind să-l ignore din moment ce sunt ocupaţi cu îndatoririle lor. Nu a avut loc niciun accident, dar acest exemplu aduce dovezi circumstanţiale ale complexităţii interactive a sistemului ATC.

A face rost de cooperare

Cerul vast este în mod surprinzător populat de obiecte mici, nonconvenţionale, şi uneori necooperante, care fac viaţa controlorului de trafic dificilă. În general am luat în considerare doar liniile aeriene şi câteva avioane private, dar spaţiul aerian include şi activităţi militare, împreună cu modele de planoare, avioane care survolează, paraşutişti şi alt aparat care navhiga necontrolat la câteva mii de picioare în California în 1982, şi care a fost raportat de un aviator. Următorul accident implică doar o parte din traficul mânuit de controlorul de trafic; două jet-uri corporative care aproape s-au lovit, un alt jet, un jet cisternă militară şi două avioane militare de luptă cărora li se umpleau rezervoarele. Al doilea incident are de-a face cu

avioane private care invadează spaţiul aerian comercial. Aceste accidente oferă mai multe dovezi, dacă ar fi nevoie de mai multe, ale naturii interactive a sistemului aerian, precum şi o privire asupra „cowboy-ilor" care zboară acolo.

Controlorul s-a întors după o pauză de odihnă. Cât timp a fost plecat, celălalt controlor la staţia lui a avut grijă de ambele sisteme de comunicare şi de radar. Era în urmă, şi preocupat cu o misiune de alimentare cu combustibil în aer, aşa că nu erau îndeplinite toate celelalte sarcini şi informaţiile nu erau toate în ordine şi controlorul dintr-un sector adiacent era de asemenea în urmă. Radarul de la una din staţii (Keller, Texas) nu mai funcţiona pentru întreţinerea programată, ceea ce a încărcat şi mai mult munca. În următoarele câteva minute, următorii paşi au fost făcuţi şi următoarele evenimente au avut loc: două aparate în plus au cerut permisiunea să coboare din lipsă de combustibil, prin trafic; li s-a cerut să nu coboare, dar au insistat să o facă. Cisterna a cerut şi a primit acordul unei schimbări de rută. Un jet corporativ a cerut schimbare de rută. S-a creat confuzie pentru că nu se ştia care din jet-uri urca la o nouă altitudine, pentru că tag-urile cu date (mici luminiţe cu numere pe ele, adiacente simbolului unui avion de pe monitorul CRT) nu erau complete.

Controlorul a contactat unul din jet-urile corporative ca să clarifice situaţia, dar răspunsul a fost blocat de transmisiile avioanelor care erau alimentate. Piloţilor avioanelor de luptă li s-a cerut să rămână în „standby" (închidere). Apoi a pierdut semnalul radar a celor două jet-uri. Unul din jet-urile corporative a încercat să ia legătura cu controlorul de trafic, dar transmisia a fost blocată de avioanele de lupta, care nu erau în „standby". Apoi controlorul le-a cerut iar piloţilor avioanelor de luptă să închidă şi apoi a contactat unul din jet-uri. Acesta a raportat că un jet corporativ tocmai a trecut prin faţa lui; nu a spus dacă a fost nevoit să facă manevre de evitare sau nu, dar a fost clar că a fost foarte aproape. Alerta de conflict nu a apărut pe radar pentru că unul din avioane era, tehnic, într-o urmărire „coast", şi astfel aparent (raportul nu este clar în privinţa asta) nu constituia subiect pentru alertă.

Aici este o a doua privire în viaţa unui controlor de trafic: una din marile probleme pentru care se plâng se referă la ceea ce controlorii de trafic din sectoarele din jurul New York City numesc FLIBS (Fucking Little Itinerant Bastards) – aparate ale aviaţiei

generale. Poveştile spuse de FLIBS sunt fără sfârşit şi probabil exagerate. Aterizează la aeroporturi greşite şi sunt surprinşi că nu-şi găsesc maşinile în loturile de parcare. Aterizează, sau decolează, pe pistele greşite (aşa fac şi avioanele comerciale, dar mai rar). Lasă transmisiile pe butonul de radio după ce comunică cu turnul de control, ceea ce înseamnă că nu pot fi contactate şi nimeni nu poate folosi frecvenţa respectivă. Un alt pilot trebuie trimis ca să-i atenţioneze, sau să-i sperie suficient de mult aşa încât să contacteze turnul de control ca să se plângă, şi astfel să descopere că au dezactivat sistemul de comunicare. Zboară „sub influenţă"; rămân adesea fără combustibil şi aşa mai departe. Aici este o relatare scurtă a unui incident.

Un avion de transport cu un singur motor a contactat controlul de trafic Kennedy Ai port şi a solicitat Controlului de Trafic Aerian liberă trecere prin zona de la Aerorportul Islip (pe Long Island) până la un punct radio de cotitură aproape de Keneddy. Această zonă terminală de control (TCA) necesită un transmiţător raportor de altitudine, şi avionul cel mic nu avea aşa ceva. Dar controlorii nu erau prea ocupaţi, aşa că i-au dat liber, spunându-i să menţină o altitudine de 2.500 de picioare. Pilotul a primit acordul, dar controlorul a observat că nu mergea în direcţia bună. Controlorul a întrebat ce se întâmplă. Pilotul a spus că a pierdut ambele posturi direcţionale pe care naviga.

Raportul controlorul continuă:

Cum un avion era acum jos având numai un item necesar pentru o libera trecere TCA, trecerea libera TCA a fost revocată cu o întoarcere de 180 de grade (ordonată) şi difuzată. Pilotul a ieşit din TCA şi loveşte echipamentul VOR (dispozitivul care recepţionează semnalul de la far) şi a contactat din nou controlorul, spunând că un VOR funcţionează din nou şi solicitând din nou libera trecere TCA.

Libera trecere urma să ducă la farul dorit, ceea ce însemna un „heading" la aproape 250 de grade. Pilotul i-a mulţumit controlorului, dar a selectat din nou „headingul" greşit. Raportul controlorului conclude: „Avionul a decolat la un „heading" de aproape 330 de grade, terorizând patru plecări Instrument Flight Rule din aeroportul LaGuardia", care se află la nord-vest de farul Kennedy.

Aceste cazuri ne dau destule informaţii despre sistemul căilor aeriene de transport. Acum este momentul să ne uităm mai atent la

controlul traficului aerian, şi motivele recordurilor de siguranţă din ultimii anivirtual nicio coliziune în aer când sistemul avea ambele avioane sub control.

Controlul traficului aerian

Serviciul de control al traficului aerian are două funcţii primare: siguranţa şi grăbirea producţiei de servicii comerciale pentru pasageri. Aceste două funcţii se află în conflict, deşi fiecare are nevoie de cealaltă. Creşterea siguranţei aduce mai multe aparate în sistemul de transport aerian, şi măreţe densitatea, şi astfel pericolul. (Densitatea implică numărul de avioane, numărul într-un coridor, numărul şi rata intersecţiilor coridoarelor, numărul decolărilor şi aterizărilor, separările permise între avioane, activitatea de comunicare între avioane, între personalul de la sol, şi între avioane şi facilităţile de la sol. Adăugarea unui avion multiplică ceilalţi indici de densitate). O creştere în număr şi implicit în densitate, interferează cu economiile transportului comercial şi de marfă, pentru că lungeşte şi întârzie zborurile. Ţinând cont de creşterile dese ale preţului comubustibilului, este important ca ca jet-urile de transport să zboare pe ruta cea mai directă, la altitudinile cele mai economice şi cu cel mai mic număr posibil de întârzieri la decolări sau aterizări atunci când ajung la aeroport. Un studiu recent făcut de o companie aeriană a Statelor Unite, a indicat că o reducere de 3% a consumului de combustibil ar duce la 23% creştere în profit.

ATC îngăduie sistemului de transport comercial să întâmpine aceste scopuri, şi a realizat o treabă remarcabila făcând aşa. În fiecare dimineaţă un oficiu central al ATC supraveghează vremea în Statele Unite (şi ţările străine) şi ţine la curent companiile aeriene în legătură cu posibile întârzieri la decolări şi aterizări din cauza combinaţiilor vremii şi densităţii traficului. Nu le spune companiilor când să decoleze, dar acestea sunt în stare să-şi ajusteze orarele şi numărul de zboruri pe o rută ca să minimizeze întârzierile la plecări şi decolări. Problema „stagnării" deasupra unui aeroprot, a rotirii până este destul spaţiu pentru aterizare a fost mult redusă. În schimb, „stagnarea" este făcută prioritar decolării – ceea ce este mai ieftin, mai puţin neconvenabilă pentru pasageri şi în mod sigur mai sigură. Problema zborurilor cu avioane aproape goale s-a redus cât de cât, din moment ce companiile pot anula zboruri mai uşor datorită informaţiilor ATC.

Între timp, în cer, ATC a stabilit mai multe căi aeriene, mai multe

faruri, şi a împărţit cerul în mai multe pachete eficiente, ca să spunem aşa, prin care avioanele pot zbura şi pot fi urmărite de la un punct de control la altul pe măsură ce se mişcă şi ajung să aterizeze. Acest lucru a permis densităţii să crească substanţial, şi vitezei călătoriei să crească şi separarea avioanelor st fie redusă de la 20 de mila la 5 mile (până când separarea a fost mărită ca rezultat al numărului redus de controlori care a succedat greva controlorilor de trafic aerian din 1981).

ATC are de asemenea un scop imperativ de siguranţă. O parte din acesta este atins prin asistenţa la aterizare (ajută avionul să se poziţioneze corect, anunţându-l despre vreme sau erori în poziţie sau altitudine) şi dându-i permisiunea pentru decolare. Dar partea cea mai importantă a funcţiei de siguranţă este prevenirea coliziunilor avioanelor. Pe pista de aterizare acest lucru este relativ simplu, deşi am văzut mai devreme cât de complicate pot deveni lucrurile în relatarea accidentului de la John Wayne. Controlorii din turnuri pot vedea avionul la sol şi ştiu şi cine urmează şi cine decolează. În aer este mai dificil. Coliziunile în aer sunt destul de rare dar cazurile în care accidentele au fost evitate la limită nu sunt rare.

Din moment ce coliziunile în aer (inclusiv cele din apropierea aterizării şi cele la puţin timp după decolare) reprezintă cele mai complicate interacţiuni cu care ATC are de-a face ma voi concentra pe acestea. Scopul prevenirii coliziunilor în aer este în conflict cu cererile de producţie plasate asupra sistemului de transport aerian. Mai puţine avioane, la distanţe mai mari, zburând într-un număr mai mare de rute, împrăştiate mai mult chiar şi în timpul zilei, şi zburând la viteze mai mici ar reduce considerabil ameninţarea coliziunii, dar ar creşte foarte mult costurile producţiei. Problema în aceste condiţii pentru ATC a fost să ţină riscul de coliziune scăzut, în timp ce creştea ocaziile favorabile coliziunilor. Ei au făcut acest lucru cu un succes remarcabil. Densitatea creşte constant, dar numărul coliziunilor în aer a fost redus la aproape zero (în special atunci când ambele avioane erau controlate de ATC).

Presiunea de a creşte densitatea şi de a scădea coliziunile este foarte mare. De fapt, FAA este legal răspunzătoare pentru toate pagubele dacă două avioane controlate de ATC sunt implicate într-o coliziune în aer. Acest tip de „stimulent" este de dorit să fie eficient, deşi nu mai sunt altele.

Reducerea Complexităţii şi a Cuplajului

În Cuplaj/ Interacţiune diagramele căilor aeriene sunt plasate aproape în centru – nici foarte strâns cuplate nici complex interactive. Suspectez că odată au fost mai interactive şi cuplate, şi că schimbarea este rezultatul schimbărilor organizaţionale şi tehnologice începând cu 1960, constituind un exemplu izbitor al posibilităţii reducerii complexităţii şi cuplajului în sistemele nontrantransformaţionale. Voi revedea schimbăerile în termenii criteriilor pentru complexitate şi cuplaj care au fost prezentate în Capitolul 3. Sistemuleţilor aeriene este potenţial destul de complex în următoarele puncte. Interacţiuni neaşteptate pot să aibă loc când avionul intră în spaţiul aerian şi care nu se află sub controlul ATC sau pe care ATC nu le vede. Aceasta este o problemă de proximitate, similară cu situaţia în care un scurtcircuit într-un cablu dezactivează un cablu din apropiere care susţine dispozitivul de siguranţă menit să corecteze orice problemă care ar putea să apară în primul cablu. Pe măsură ce sistemul ATC s-a extins, cu potenţial pentru mai multe interacţiuni neaşteptate într-un spaţiu aerian, a întâmpinat această problemă restricţionând accesul la variate spaţii din aer. Li s-a spus aeronavelor corporative şi avioanelor recreaţionale că nu vor putea zbura acolo decât dacă au instrumentele şi antrenamentul necesare. Acest lucru a redus numărul de avioane din anumite spaţii care altfel ar fi fost acolo, dată creşterea traficului în general. De asemenea astfel li s-au dat controlorilor mai multe informaţii despre acele avioane care continuau să zvoare acolode când, de exemplu, acestea au fost nevoite să aibă transmisie care să indice altitudinea.

Înainte de răspândită utilizare a radarului, toate informaţiile despre poziţie, viteză, altitudine, şi planuri de zbor venea prin contact radio. Un eşec aici a afectat numeroase surse de informaţie. Pericolul a fost redus cu radarul pentru că acesta putea opera independent de comunicarea vocală. A fost mai departe redus când transmisiile au putut suplimenta radarul şi comunicarea vocală. În plus, FAA a cerut radiouri de rezervă în avioane (având de asemenea sisteme de rezervă şi pentru controlori). Nimic nu este perfect, şi am văzut probleme atât cu tag-urile cu date cât şi cu canalele radio în exemplele de mai sus. Dar potenţialul eşecurilor comune a fost micşorat.

Dependenţa de multiple unităţi funcţionale sau subsisteme a fost redusă de segregarea traficului (şi de asemenea de folosirea

transmisiilor). Mai multe coridoare au fost înfiinţate şi restricţionate pentru anumite tipuri de zboruri. Avioanele mici cu viteze scăzute (şi fără instrument de echipament de zbor) au fost excluse de la altitudinile unde jet-urile rapide zboară (deşi controlorii se înmoaie la acest punct, aşa cum tocmai am văzut). Zborurile militare au fost restricţionate în anumite zone; paraşutiştii au fost controlaţi. În acest fel sistemul a devenit mai linear. Bineînţeles, densitatea în oricare coridor probabil a crescut, compensând câştigul câtorva sau chiar într-un grad mare. Dar dacă am putea controla densitatea, ne-am aştepta să găsim o scădere a interacţiunilor neaşteptate.

Fixarea tehnologică a transmisiilor care codificau altitudinea şi schimbul de la informaţia directă de la radar pentru controlor la reprezentări pe ecran create de analiza calculatorului a dus la creşterea mare a surselor directe, on-line de informaţii. Rotirea radarului oferă numai informaţii intermitente despre poziţia avionului. Deşi ecranele introduse în anii 1970 erau mai „indirecte" într-un sens. Din moment ce ele erau o reprezentare a informaţiei de la radar sau transmiţător, ecranele dădeau informaţii despre poziţie, altitudine, şi direcţie. Cel mai important aspect este că ele nu necesitau contact cu avionul pentru a determina altitudinea (şi în versiunile timpurii, comunicarea pentru a obţine viteza).

Multe caracteristici ale interacţiunilor nelineare rămân în continuare; sistemul poate nu va fi niciodată linear. Sunt mulţi parametri de control cu potenţiale interacţiuni; schimb de roluri limitat sau izolarea componentelor eşuate (deşi ar trebui să se noteze că dacă are loc o coliziune, ambele avioane ies prompt din sistem!); se creează încă bucle de feedbackuri nefamiliare şi neintenţionate (identificare greşită a avionului; înserarea avionului în secvenţa greşită etc); încadrarea spaţială strânsă a unităţilor (permiţând interacţiuni neaşteptate) la aeroporturile aglomerate; şi substituirea limitată a proviziilor şi materialelor în baza ad hoc.

Citirea notiţelor despre cazurile de „aproape-coliziune în aer" cu greu susţine ideea că sistemul nu este altfel decât strâns cuplat, dar voi spune că este numai moderat aşa. Cuplajul strâns reduce abilitatea de a se recupera după mici eşecuri înainte ca acestea să se extindă la unele mai mari. Cuplajul liber permite recuperarea. În procesarea ATC întârzierile sunt posibile; avioanele sunt uşor manevrabile şi în spaţiul tridimensional, aşa că unui avion i se poate spune să menţină un

model, să schimbe ruta, să încetinească, să mărească viteza, sau orice altceva. Secvenţa de aterizare sau decolare sau inserţie pe un coridor lung nu este invariantă, deşi flexibilitatea aici are cu siguranţă anumite limite. Creare mai multor coridoare a redus cuplajul la fel ca şi complexitatea sistemului. Constrângerile de timp sunt încă strânse; sistemul nu este vag, ci numai moderat strâns cuplat. Dar aparatele de zbor sunt manevrabile. Ele sunt de asemenea destul de mici. Cazurile de „aproape-accident" se referă la spaţii de 200 de picioare până la o milă. Acele „aproape-accidente" raportate a fi sub 100 de picioare sunt foarte rare şi proximitatea s-ar putea să fie exagerată. Chiar şi cu 100 de picioare totuşi, sunt 99 de picioare de rezervă. Dacă cineva ar încerca, i-ar fi greu să facă două avioane să colizioneze. În alte sisteme cu grad înalt de risc este comparativ uşor să se producă o explozie, sau să învingă cheile sistemelor de siguranţă şi să producă topirea nucleului.

Există de asemenea metode alternative importante pentru atingerea scopului de a preveni coliziunile şi a direcţiona avionul acolo unde ar trebui să fie. Schimbarea de ruăt cauzată aglomeraţiei este comună. Am văzut cum vremea şi informaţiile legate de trafic duc la întârzieri ale plecărilor (sau la anulări de zboruri) mai mult decât duc la întârzieri în menţinerea modelului. Dacă este aglomerat (poate din cauza vremii rele neaşteptate) sistemul poate fi „extins" – mai mult spaţiu folosit; viteze reduse; avioane ţinute la sol., sau direcţionate către alte sectoare. Informaţia extinsă disponibilă ATC permite ca acest lucru să se întâmple, împreună cu autoritatea de a schimba viteza, rutele şi altitudinile.

Alte aspecte legate de cuplajul strâns probabil nu pot fi reduse cu reparaţii tehnologice sau schimbări organizaţionale. Sunt puţine oportunităţi pentru tampoane nondeliberate care favorizează recuperarea dintr-o situaţie periculoasă, şi nici schimbări semnificative de provizii, echipament sau personal. Schimbarea personalului va fi probabil şi mai limitată în viitor. Căile aeriene, din motive financiare, presează pentru o reducere a echipajelor de la 3 (pilot, copilot şi inginer) la 2 (pilot şi copilot) pe motiv că calculatoarele şi alte dispozitive reduc încărcătura inginerească. (Oricum, studii ale accidentelor şi „aproape-accidente" dezvăluie că echipajul supraîncărcat este o problemă presantă la plecare şi aterizare). FAA presează pentru a obţine mai multă automatizare în

sistemele sale, reducând astfel numărul controlorilor. Ambele, aş sugera eu, vor conduce la un cuplaj mai strâns – ceea ce înseamnă, mai puţine resurse pentru recuperarea după incidente.

O altă mişcare de partea companiilor aeriene şi FAA va creşte negreşit interacţiunile neaşteptate şi va scădea potenţialul de recuperare. În prezent, avioanele care sunt pe punctul de a ateriza, se vor alinia într-un cordor descendent lung de câteva mile, în care se intră prin capăt. Separarea substanţială este necesară pentru a preveni ca avioanele rapide să le depăşească pe cele mai lente. Sub un sistem MLS (microwave landing sistem-sistem de aterizare cu microunde) propus, avioanele se puteau întoarce la panta de alunecare în orice moment, cel mai lent mergând pe panta cea mai scurtă. Capacitatea unei piste ar fi considerabil mărită, şi mai puţine mile ar fi parcurse de unele avioane. Munca controlorului ar creşte (şi şansele de recuperare de la „slip-up" ar scădea), dar o altă inovaţie este luată în considerare, care ar putea rezolva această problemă.

Pilotul ar putea să aibă afişarea informaţiilor de trafic în cabină (CDTI se numeşte), şi numeroşi piloţi ar putea astfel să se ocupe de propriile secvenţe de aterizări, cu asistenţa şi supravegherea controlorului. O formă de „management distributiv" sau descentralizare, a fost aprobată de piloţi într-un studiu de simulare, dar nu şi de controlori. Simularea a indicat eficienţă crescută (mai multe aterizări) şi separare mai sigură pentru cele cinci avioane. Supervizorii Orange County ar fi probabil încântaţi de această inovaţie. Implicaţiile CDTI se extind peste sistemele de aterizare cu microunde. Furnizându-i pilotului un ecran radar care localizează toate avioanele din jur, poate indicând şi viteza lor, direcţia şi altitudinea, s-ar redistribui autoritatea între controlori şi pilot, s-ar creşte munca pilotului şi s-ar scădea nevoia de controlori, s-ar introduce mai mult echipament care ar putea eşua, şi poate s-ar ajunge la încredere exagerată şi astfel riscuri mai mari, şi la „non-collision course collision" (coliziunile cursului non-coliziune) (vezi capitolul 6) care «plague» industria maritimă. Poate fi una din acele reparaţii tehnologice dubioase în faţa cărora designerii de sisteme tehnologice nu pot să reziste.

FAA, *Mesagerii şi Siguranţa*

Ultimul nostru topic din acest capitol se ocupă de forţele tehnologice care conduc acest particular sistem de risc înalt. Ofer

următoare ipoteză pentru că nu sunt sigur că multele excepţii clare de la ea nu copleşesc cazurile care o susţin, dar este o ipoteză demnă de luat în considerare. Ipoteza este că industria transportului aerian (cei care construiesc avioanele şi căile aeriene) susţine regulile de siguranţă şi cerinţele mai ales atunci când creşterea siguranţei permite o creştere a eficienţei producţiei, şi că FAA concurează în această strategie. Industria nu este împotriva siguranţei, şi face multe pentru a o creşte pe cea proprie; este, până la urmă, o condiţie prealabilă a sistemului ca acesta să fie rezonabil sigur. Dar va prelua voluntar modificări de siguranţă sub două condiţii: (1) când modificările duc la creşterile posibile ale eficienţei producţiei (construind mai multe avioane economice şi motoare, pentru partea de echipament a industriei, şi crescând densitatea şi scăzând costurile de operare, pentru partea de servicii) şi (2) când pot fi adăugate unui nou avion fără costuri semnificative, în special dacă există teama ca un „retrofit" (piesă nouă) poate fi cerută de presiunea publică (mai ales prin Congres) sau (mai puţin, cum vom vedea) prin cerinţe FAA. Aceasta înseamnă că modificările volutare de siguranţă sau adaosurile nu vor fi pur şi simplu făcute pentru că se observă că sunt necesare. Industria va fi de acord şi nu va protesta şi va întârzia eforturile de siguranţă obligatorii în primul rând când acestea cresc eficienţa sistemului (incluzând o mai mare utilizare).

Ceea ce vreau să spun de fapt este că nimeni din industrie nu merge prea departe de la a proteja viaţa angajaţilor şi a clienţilor şi a spectatorilor nevinovaţi (victime de gradul 1, 2 şi 3). Poate că mereu va fi astfel, şi nu ar trebui să fim surprinşi să găsim această atitudine într-o activitate care este în primul rând pentru profit în natură, şi mai departe trebuie organizată prin organizaţii mari, formale (care vor fi indiferente într-un anumit grad faţă de soarta acestor victime). Şi totuşi retorica industriei şi a FAA contrastează cu acest punct de vedere, şi astfel, ipoteza are nevoie de explorare şi aerisire. Această secţiune se va ocupa de asta, deşi după parcurgerea ei cititorul se va îmbarca într-un zbor comercial cu mai puţin obişnuită.

Siguranţa implică doi factori-prevenirea accidentelor şi atenuarea pagubelor după un accident. Industria şi FAA au fost preocupaţi de primul aspect, pentru că fiecare îmbunătăţire acolo a însemnat densitate mai mare, viteze mai mari şi mai mulţi clienţi. Ultimul, atenuarea pagubelor, are nu are efect sau doar un efect mic

asupra acestor variabile economice. Ea reduce doar rata răniţilor şi a morţilor în cadrul accidentelor. Sursele celei mai mari rate de răniţi şi morţi în atenuarea pagubelor vin de la întârzierea evacuărilor, şi, mai important, din cabina rachetelor, obstrucţii, şi gaze tosice şi explozii.

În primul rând, să examinăm problema evacuării în timp a avionului după un accident. O cheie pentru această cerinţă este funcţionarea unui sistem public de adrese şi mijloacele de comunicare cu însoţitorii de zbor. Pasagerii americani sunt remarcabil de complianţi când se confruntă cu incertitudini în ceea ce priveşte aceste minuni tehnologice. Ei stau aşezaţi până li se spune să coboare. Dacă sistemul electric este vătămat, sau puterea este stinsă pentru a reduce pericolul exploziei, sau când avionul rămâne fără combustibil, nu există nicio modalitate de a transmite însoţitorilor de zbor şi pasagerilor să coboare. În 1971 un Boeing 747 a luat foc după o decolare eşuată urmată de o aterizare. Ofiţerul primar a făcut un anunţ de evacuare, dar l-a făcut prin radio şi nu prin sistemul public de adresare. Cum nimic nu se întâmpla în cabina pasagerilor, el a încercat sistemul adecvat, dar acesta nu funcţiona pentru că energia fusese oprită ca să reducă riscul de explozie. Echipajul a intrat apoi în cabina pasagerilor şi a strigat ordinul, dar numai pasagerii din faţă au auzit. Toţi au fost evacuaţi în siguranţă, dar din moment ce acest lucru se mai întâmplase, NTSB a recomandat FAA-ului ca sistemele de alarmă audio şi video cu auto-alimentare să fie instalate. FAA a fost de acord cu faptul că acestea sunt necesare, dar a considerat că trebuie făcute alte studii. Acest raport a fost prezentat în 1972 şi FAA şi-a continuat „studiul”.

După alte câteva accidente unde sistemul de adresare publică a eşuat şi pasagerii erau răniţi sau mureau, NTSB a-ncercat din nou să obţină atenţia FAA-ului printr-un studiu special al lor, cu recomandări, în 1974. Nu s-a întâmplat nimic. Bordul de Siguranţă şi-a repetat recomandările după prăbuşirea din 1975 a unui DC-8 în Portland, Oregon, unde sistemul nu era operabil. Şase ani mai târziu, pe 19 Ianuarie 1981, FAA a emis o propunere de solicitare de sisteme de alarmă cu auto-alimentare, dar a avut-o în curs de revizuire până la sfârşitul anului 1981. mesagerii aerieni ar avea doi ani în care să îndeplinească, asigurând astfel un minimum de 13 ani de studii, recomandări şi implementări pentru un sistem la fel de simplu ca un sistem de boxe cu baterii. Costul echipamentului este estimat în jurul

cifrei de 500$ – 5.000 $ pentru fiecare avion. Unele avioane au deja sistemul-united l-a avut pe patru din cele cinci tipuri de avioane pe care le deţine, dar alte companii nu. Chiar şi sistemul de adresare publică nu trebuie să fie reparat înainte de 25 de ore de zbor pentru unele avioane, şi pentru altele ca de exemplu aparatele McDonnell Douglas, nu există limită a timpului în care un avion să repare un sistem de adresare care nu mai funcţionează. NTSB a reclamat aceste regrementări, fără niciun efect.

Mai serioasă este problema siguranţei cabinei. Agenţia predecesoare a NTSB, Bordul Civil al Aeronauticii, a recomandat lui FAA în 1962 ca testele care se desfăşurau la FAA referitoare la eşecul scaunelor în caz de coliziune să fie grăbite. Acest lucru a urmat unui accident unde s-a crezut că 28 de persoane ar fi putut fi salvat dacă scaunele lor nu s-ar fi rupt. FAA a replicat că recunoaşte necesitatea studiilor aprofundate, pe care le va desfăşura „în concordanţă cu forţa de munct şi cu fondurile disponibile". (şuruburi mai puternice ar fi făcut o mare diferenţă, şi studii care să determine că erau necesare). Reglementările referitoare la accident forţează ca scaunele să reziste când vor fi vechi de 10 ani, şi avioanele vor fi devenit mai mari, ai rapide, şi se vor putea lovi cu mai multă putere. Până la sfârşitul lui 1981, când NTSB a preluat un alt Studiu Special al problemei, standardele vechi din 1952 erau încă în funcţiune.

Studiul Special a descoperit că din 1970, numai examinând acele accidente unde toţi sau cel puţin unii din pasageri s-ar putea să fi supravieţuit forţei impactului însuşi, 60% din accidente au prezentat eşări ale mobilierului cabinei. Din peste 4800 de pasageri implicaţi în aceste accidente, peste 1850 au fost răniţi sau au murit. Multe din aceste morţi şi răniri ar fi putut fi prevenite, a concluzionat studiul, dacă mobilierul din cabină nu ar fi cedat, în special în 46% din aceste accidente, unde a fost şi foc.

Din cele 46 de accidente în care mobilierul din cabină a eşuat, scaunele sau centurile au eşuat în 84% din cazuri; dispozitivele pentru bagaje au eşuat în 77% din accidente; echipamentele de bucătărie în 62% din cazuri. Cele mai multe dintre aceste eşuări au avut loc când forţele gravitaţionale erau cu mult mai jos decât modelul pe care FAA îl setează ca fiind forţa maximă forţă supravieţuibilă, şi sub care echipamentul ar trebui să reziste. (în cazul accidentului de la John Wayne Orange County pe care l-am descris mai devreme, au fost 4

răniri serioase şi 29 răni minore cauzate de eşecul scaunelor sau al altor părţi din mobilier, deşi forţele gravitaţionale erau mult mai mici decât standardul reglementărilor din 1952.) Oricum, studiul a arătat concluziv că maximul FAA era prea mic; oamenii au supravieţuit unor forţe gravitaţionale mai mari decât forţele pe care FAA le-a stabilit ca maxime pentru supravieţuire, şi astfel scaunele şi alte piese de mobilier ar trebui de asemenea să reziste unor forţe mai mari. În timp ce acest fapt a fost bine stabilit timp de câţiva ani, chiar şi de studiile FAA, era încă disputat de FAA în mărturia de la congres în 1980. FAA are în prezent un studiu mare în curs de desfăşurare, început în 1980 şi despre se prevede că nu va fi gata până în 1985. (S-ar putea să necesite nişte impulsionări mai puternice.) NTSB comentează: „Deşi ar fi posibil să conducă multe experimente care merită şi să strângă date noi în acest test, Bordul de Siguranţă întreabă dacă FAA va accepta aceste date izbitoare ca fiind reprezentative pentru avioanele moderne". De asemenea afirmă că „mare accentuare a programelor „crashworthiness" în curs de desfăşurare ar trebui să fie pe aplicarea tehnologiilor disponibile..."

Problema nu sunt doar rachetele zburătoare, scaunele care zboară cu pasageri, încurcăturile la anunţarea evacuării şi ieşirile care nu pot fi accesate. Gazele toxice sunt probabil cel mai mare ucigaş. Când un zbor Saudi Arabian a explodat şi a luat foc pe pistă la Riyadh în 1980, ducând la moartea echipajului şi a 301 pasageri, fumul şi gazele toxice de la mobilierul cabinei s-au dovedit a fi letale. Materialele din cabină, când s-au încălzit şi au luat foc, au produs cianidă de hidrogen şi cloridă de hidrogen, dare sunt letale, pentru că ele produc acid clorhidric, fosgen (un gaz dăunător atunci când este ingerat) şi un emstec cu o temperatură foarte înaltă care consumă tot oxigenul şi lasă numai monoxid de carbon. Se cunosc cel puţin 371 persoane care în ultimii ani au supravieţuit loviturii ca să moară datorită focului care a ars materiale din cabină. Primul astfel de foc a avut loc în 1961, dar FAA a fost reticentă în a cere utilizarea materialelor neinflamabile. Preşedintele NTSB, James King, a spus în 1980, „Chiar din 1961... FAA a promis acţiune. Nicio acţiune nu a urmat". Consiliul Naţional de Cercetare al Academiei Naţionale de Ştiinţă a raportat în 1977 că sunt disponibile răşini mai sigure şi spume. El a mai spus că până şi o îmbunătăţire lipsită de culoare ca eliminarea carpetelor ca obiect decorativ pentru pereţi ar fi de folos.

FAA a trecut cu vederea îmbunătăţirile pe termen scurt în căutarea unei soluţii perfect, eluzive, notează Jeffrey Smith într-un articol din „Ştiinţă". Mai important este faptul că Biroul General de Contabilitate al Congresului notează că FAA a emis propuneri de două îi, dar le-a retras pentru că industria s-a opus. FAA a convocat un panel cu un top 150 al celor mai buni experţi în siguranţa împotriva focului, dar aproape 100 din ei făceau parte din industrie, şi din FAA. După doi ani a concluzionat că FAA era pe pista cea bună în acest domeniu. Cu acest sprijin FAA a procedat prudent, făcând un contract cu unul din producţtorii de avioane ca să dezvolte o cameră de foc la un cost de aproape un milion de dolari. Dar nici folosirea acestui cont public nu a fost de ajuns; FAA a decis că nu era destul de sofisticată şi că era nevoie de mai mulţi bani şi de încă un an cel puţin. Între timp, îşi continuă testele, care implică amplasarea unui arzător Bunsen (model 1952, fără îndoială) în cabină, ca să se vadă dacă arde ceva. Problema este căldura extremă, care descompune materialul, nu prezenţa unei brochete. Un test de panou de căldură radiantă a fost mult timp a fost susţinut de Academia Naţională de Ştiinţă şi de alte grupuri.

Ce se întâmplă aici, într-o agenţie care a dezvoltat şi instalat sofisticatul sistem de control al traficului aerian şi care lansează unul şi mai automat şi mai avansat? Conflictul dintre NTSB şi FAA este, probabil, de aşteptat, din moment ce NTSB este agenţia independentă care se ocupă cu rapoartele accidentelor, cu conducerea studiilor de fundal şi cu recomandarea schimbărilor în reglementări, cercetărilor mai intense şi-aşa mai departe către agenţia federală corespunzătoare (FAA în cazul trasnportului aerian). Predecesorul NTSB a fost Biroul de Siguranţă al Bordului Civil de Aeronautică, dar a fost făcut independent de agenţia de reglementare când Actul Naţional de Transport a fost depăşit, aşa încât aceeaşi persoană (în acest caz Jérôme Lederer) să nu promulgheze reglementările civile aeriene şi în acelaşi timp să investigheze accidentele pe care le-ar putea cauza. FAA a înlocuit CAB, dar de-a lungul anilor a fost criticată ca fiind prea apropiată de industrie. Biroul General de Contabilitate al Congresului, un comitet al operaţiilor Casei guvernului, Proiectul de Acţiune în domeniul Aviaţiei de Consum Ralph Nader-afiliat, şi alte grupuri au acuzat recent că nu numai FAA este prea orientată înspre industrie, dar că administraţia Reagan a tăiat fondurile principalului critic şi supraveghetor, NTSB, şi FAA a uşurat multe reguli şi restricţii (de

exemplu, piloţii navetişti pot lucra 70 de ore pe săptămână; piloţii de la companiile mari sunt restricţionaţi la 30 de ore). Industria transportului aerian, prin intermediul numeroaselor sale asociaţii comerciale, sustione viguros politicile FAA. Dar de industria şi FAA şi-ar târî picioarele în cabina de siguranţă, dacă criticile care-i acuză sunt corecte? Se pare că industria transportului aerian întâmpină şi susţine eforturile ca să permită zboruri mai eficiente, mai economice şi de încredere, şi aceste eforturi îmbunătăţesc siguranţa. Dar locurile „bolting down better" sau materialul decorativ inflamabil nu vor creşte eficienţa şi nici nu este de dorit să se crească preţul biletelor. Compania aeriană nu poate fi dată în judecată pentru aceste aspecte. (un „jet eirliner" poate zbura 15 – 20 de zboruri cu un sistem de adresare publică defect fără răspundere sau penalizare). Nu este vorba că îmbunătăţirile propuse ar fi scumpe. Industria este dispusă să le pună în avioanele noi, şi nici aceste costuri nu sunt ridicate. Pur şi simplu pare că fie sunt o bătaie de cap, sau că reglementări dure ar stabili un precedent pentru FAA de care industria se teme. Cum altfel putem explica un studiu de doi ani realizat de un grup dominat de industrie şi reprezentanţi FAA care au conclus că FAA făcea o treabă bună neacceptând schimbarea standardelor vechi de treizeci de ani care au rezultat în poate sute de morţi inutile?

Concluzii

Avioanele şi industria căilor aeriene sunt unic favorizate să susţină eforturile de siguranţă. Profitul este legat de siguranţă; victimele nu sunt nici ascunse, aleatoare nici întârziate, şi pot include membri influenţi ai industriei şi Congresului; o uniune viguroasă zboară tentaţia industriei de a apela „eroare de operator" şi în schimb caută erori de vânzare şi de management; există un remarcabil sistem voluntar de raportare (secţiune pe ASRS, p.168), experienţa este extinsă şi ciclul repetitiv al decolărilor, zborului şi aterizărilor promovează un antrenament rapid, experienţă precisă cu eşecuri, şi încercări cu erori pentru desinguri şi condiţii noi. Pentru a ajunge dintr-un punct la un altul, nu există nimic mai sigur.

Această realizare a avut loc în ciuda sistemului persistent de accidente. Dar în contrast cu centralele electrice nucleare şi centralele chimice (şi cercetările recombinării ADN-ului), sistemul nu este un sistem care se transformă, cu interacţiuni ascunse şi puţin înşelese care răspund unor comenzi indirecte cu indicatori indirecţi. (o

excepţie are loc în întâmpinarea graniţelor bufetului). Sistemul aerian este „sus" la complexitatea interactivă şi la cuplajul strâns, dar acestea vor răspunde într-o măsură considerabilă, deşi nu complet, inovaţiilor manageriale şi tehnologice, care au venit în timp. Sunt şi excepţii. Urâtele norme industriale de suprafaţă din cazul lui McDonnell Douglas şi a lui DC 10, cu eşec la avertizările de căldură, munca de desfundat, şi poate şi mai rău. Presiunile producţiei pot fi chiar excesive în companiile aeriene care comută. Cu mici inconvenienţe şi cheltuieli sistem ar putea fi făcut şi mai sigurdeşi nu e o mare afacere.

Sistemul controlului de trafic aerian ne-a interesat mai mult pentru că am putut trasa schimbările care au redus complexitatea şi cuplajul, rezultând în eroarea-liberă un sistem larg pe care îl putem vedea cu uşurinţă în societatea noastră. Contrastul dintre căile aeriene şi cele marine vom considera mai târziu că este uluitor deşi problemele nu sunt atât de diferite.

O notă referitoare la Sistemul de Raport al Siguranţei Aeriene

Sistemul de Raport al Siguranţei Aeriene, ASRS, a fost stabilit în 1975, şi primeşte peste 4.000 de rapoarte pe an despre incidente şi aproape-accidente legate de siguranţă. Sisteme similare au fost fixate în Europa, încercate în Statele Unite şi utilizate de cel puţin o companie americană, United Airlines. De fapt, în 1974, un zbor TWA s-a lovit de vârful unui munte ca rezultat al unei hărţi confuzionante şi al interpretării greşite a raporturilor ATC. În următoarea investigaţie NTSB a ieşit la iveală că piloţii United au fost avertizaţi de hazard de programul lor dar TWA nu avea acest program. FAA sponsorizase un program la sfârşitul anilor 1960, chipurile nonpunitive în natură, dar piloţii şi controlorii nu l-au susţinut. După accidentul din Virginia, ei au sponsorizat un altul, dar de data aceasta au permis Administraţiei Naţionale a Aeronauticii şi Spaţiului să îl supravegheze. NASA a selectat Institutul Battelle Memorial ca şi contractant. Aceasta a asigurat o independenţă considerabilă din partea FAA, şi cu garanţii de imunitate cu excepţia anumitor cazuri, programul a avut succes.

Controlorii, piloţii, sau alţii pot scrie sau apela o relatare a unei situaţii periculoase; de multe ori ei raportează greşeli pe care le-au făcut ei înşişi. FAA nu îi poate penaliza dacă au încălcat legi sau reguli Federale (decât dacă este implicată activitate criminală), deşi piloţii sunt încă subiecţi de disciplină de către companiile lor aeriene. Rapoartele sunt deindenfiticate aproape imediat (de obicei în mai

puţin de 4 zile) după verificarea contactelor cu persoana care depinde raportul. Dacă un pilot încalcă o regulă dar depune un raport referitor la acest lucru, el nu poate fi penalizat. Acest lucru, bineînţeles, deschide sistemul către abuz, şi a fost aparent dificil pentru FAA să accepte acest lucru. Oricum, experienţa îndelungată cu sistemul indică că în mai puţin de 10% din cazurile de aplicare a acţiunilor s-au bazat pe încălcări cunoscute în acţiunile respective compromise sau împiedicate de scutirea limitată a acţiunii disciplinare.

Roadele programului par să fie substanţiale. Rapoartele vorbesc despre condiţii nesigure în aeroport care sunt apoi corectate repede. Schimbări în ATC şi alte tipuri de proceduri au fost făcute pe baza analizei rapoartelor ASRS. Un personal de „zburători veterani" (care îşi spun „vulturii bătrâni"), care au mânuit tehnici de cercetare socială (o sevenţă potrivită; ar fi mai greu să înveţi un cercetător ceva despre zburat), scrie rapoarte informative cu subiecte ca zborul controlat pe teren, distrageri, situaţii de urgenţă în timpul zborului, probleme de comunicare, şi aşa mai departe. Învăţăm că, bazându-ne numai pe rapoartele ASRS, sunt două coliziuni potenţiale în fiecare zi, care implică mesageri aerieni. („ar carriers")

Hall şi Hecht notează că 48% din rapoarte sunt depuse de piloţi, 44% de controlori. (Numărul rapoartelor depuse de controlori a crescut considerabil chiar înainte de greva controlorilor din 1981, şi a scăzut şi mai mult după aceasta). Unii au sugerat că acea creştere indica faptul că foloseau sistemul ca să construiască un caz de schimbări, alţii au sugerat că o făceau pentru scopuri perturbatoare. Scăderea s-ar putea să se fi datorat pur şi simplu încărcăturii de muncă din timpul şi după greva. Ce este valabil pentru toate sistemele de raportare a accidentelor, este în mod clar o sursă de date „politică" în anumite privinţe, dar nici eu nici alţii implicaţi nu găsim niciun motiv să ne îndoim de precizia ei pe ansamblu. Întocmai, extensia mea culpa din rapoarte este izbitoare, ca de altfel şi obiectivitatea analizei. Odată identificat, un raport este parte a unei înregistrări publice. Am folosit aceste rapoarte într-o măsură limitată eu însumi, ca să investighez incidente unde managementul companiei aeriene era cumva implicat; cooperarea ASRS a fost excepţională.

Ar fi extrem de benefic dacă un sistem anonim virtual ca acesta ar opera pentru industria energiei nucleare şi industria transportului maritim.

CAPITOLUL 6

Accidente Marine

Introducere

Accidentele marine ne aduc la un sistem mai larg decât am avut de întâlnit până acum. Este o ţară fascinantă şi în turul nostru vom întâlni o tigaie care distruge un pachebot de lux în câteva ore, căpitani care joacă „puiul" în trecători marine cu 40 de nave împrejur, „coliziuni asistate de radar", furtuni monumentale, remorchere care blochează canalele radio punând muzica lui Johnny Cash şi tancuri petroliere lungi cât un bloc care trec peste canale doar cu 2 picioare mai adânci decât ele. În mijlocul acestor calamităţi se află proprietari care îşi îndeamnă căpitanii să meargă mai departe şi companii de asigurări care nu inspectează corect navele, dar strigă „opriţi masacrul". Colateral se află Paza de Coastă, responsabilă cu siguranţa în apele americane, dar cu prea puţini angajaţi şi prea puţine fonduri. Paza de Coastă pune de asemenea în funcţiune navele, dar acestea par a eşua sau a se ciocni fără niciun motiv explicit, la fel de des ca tancurile petroliere Exxon sau navele cargo ale magnaţilor greci. De asemenea pe linie colaterală se află Ministerul Siguranţei în Transporturile Naţionale, de această dată al său Minister al Marinei, care investighează şi se laudă. Paza de Coastă şi MSTN scriu multe dintre rapoartele la care ne vom referi. În faţa masacrului – o navă pierdută pe zi – ei continuă fără niciun efect să vorbească despre viteza excesivă, utilizarea greşită a echipamentului de siguranţă şi citează excesiv violarea regulilor atât de complexe încât nici avocaţii companiilor navale nu le pot înţelege.

Faptul că aceste coliziuni şi explozii ale tancurilor petroliere au loc fără un motiv explicit este paradoxul principal cu care ne vom confrunta. Ar părea că există multe motive pentru care rata accidentelor să scadă, în loc să crească, aşa cum s-a întâmplat, având în vedere că navele sunt echipate cu minuni tehnologice de la sisteme de evitare a coliziunilor până la sisteme de navigare prin satelit, cară o încărcătură mai mare şi mai scumpă, costă mai mult pentru a fi construite şi sunt din ce în ce mai mult subiectul regulamentelor naţionale şi internaţionale. Ar părea că există stimulente economice adecvate, tehnologie adecvată, şi probabil baza pentru un regulament eficace. Niciuna dintre acestea nu rezultă a fi adevărată. O rată a pierderii de o navă pe zi se dovedeşte a fi la fel de riscantă, pentru

proprietari, ca şi fumatul. Cei dintre noi care încă fumează vor observa că nu catalogăm riscul ca excesiv. Proprietarul are o şansă de 17% ca nava sa să fie distrusă înainte de timpul destinat şi într-o industrie înfloritoare acest lucru nu este încurajator pentru siguranţă. Tehnologia a crescut presiunile producţiei, crescând eficienţa, după cum a fost măsurat, dar nereducând costurile sociale. Regulamentul se supune presiunilor economice şi naţionaliste, fiind astfel ineficace.

Sunt costuri substanţiale pentru această stare a lucrurilor, de la consumatorul care plăteşte costul accidentelor mai scump, până la marinarii care îl plătesc cu viaţa şi la oamenii de pe pământ care sunt expuşi riscului deversărilor toxice, exploziilor gigantice şi poluării masive. Moartea oceanului prin poluarea cu petrol, prima dată profeţită la sfârşitul Primului Război Mondial, va fi cu siguranţă grăbită dacă dintr-un tanc petrolier distrus sunt deversate 400.000 de tone de petrol. Nu e nicio consolare faptul că se consideră că cea mai mare poluare are loc de la resturile deversate în timpul încărcării sau descărcării neatente, de la spălarea tancurilor şi micile scurgeri de la maşinării. Doar 10% din poluarea cauzată de tancurile petroliere este estimată a proveni din accidente, dar şi acest procent, ca şi restul de 90%, este destul ca să ne îngrijoreze.

Tancurile petroliere care cară nitrogen lichefiat (LNG) au capacitatea de a spulbera o parte dintr-un oraş, ca şi explozia celor două vase cu muniţie după o coliziune în portul Halifax în timpul Primului Război Mondial, care a distrus două treimi din oraş şi a omorât 1 600 de oameni. (Marele cutremur din San Francisco, o decadă mai devreme, a ucis doar 452). Anumite tancuri seamănă cu nişte depozite chimice plutitoare, cu chimicale periculoase menţinute la temperaturi şi presiuni delicate. O parte consistentă din acidul sulfuric, clorura de viniliden, acetaldehida şi tricloroetilenul lumii este transportat prin tancuri, reglementate virtual, deseori vechi, în condiţie proastă, prost proiectate pentru încărcătura lor, care călătoresc prin furtuni de iarnă. Ne întrebăm dacă aceste chimicale toxice, chiar dacă esenţiale pentru ţările industrializate, trebuie să fie transportate atât de ieftin şi periculos. Dacă un vas comercial cu încărcătură periculoasă se scufundă şi o furtună distruge containerele, va urma un dezastru cu 25 de tone de mercur. Aceasta s-a întâmplat lângă coasta uruguayană; *Tagnari* s-a scufundat în 1971. Epava nu a fost ridicată, în ciuda încărcăturii, din cauza faptului că ar fi costat mai

mult decât valoarea conţinutului recuperat, aşa că a fost lăsată să se distrugă. S-a distrus în 1978. Satele au trebuit să fie mutate departe de ţărm; mii de animale marine moarte au fost aruncate pe plajă, iar mareea roşie care s-a format a ucis mai multe animale şi se pare că şi câţiva oameni. Chiar şi cu cea mai mare grijă tot avem motive de îngrijorare. Într-un studiu înfricoşător făcut de Paza de Coastă, o simulare computerizată a efectelor unei fisuri într-un tanc cu un diametru de 2 metri, conţinând 15 chimicale periculoase, a produs accidente alarmante. Un tanc relativ mic cu clor, o chimicală toxică ce fierbe la – 29 F, fisurată la porturile din Conez Island, a fost estimat că va ucide 75 050 de oameni pe loc; în Los Angeles, unde densitatea populaţiei este mult mai mică, ar ucide 18 740 de oameni. O asemenea catastrofă nu este o vagă posibilitate în următorii 13 ani. Astfel, independent de costurile financiare pentru industrie, accidentele marine au costuri publice enorme.

Deşi este evident că există o mare problemă, nu este clar că niciuna dintre soluţiile uzuale cum ar fi inspectarea mai detaliată, instrucţia, echipamentul, personalul sau agenţiile guvernatoare internaţionale nu va face mare diferenţă. Problema, după părerea mea, se află în tipul sistemului care există. O să-l numesc un sistem „inducător de erori"; configuraţia multiplelor sale componente induce erori şi anulează încercările de reducere a erorilor. Discretele încercări de a corecta una sau alta vor fi anulate de altceva; numai o reconfigurare la scară largă ar putea face părţile să se potrivească împreună într-o manieră neutră faţă de erori sau cu evitarea de erori. În ciuda problemelor cu părţi specifice sau unităţi ale sistemului liniilor aeriene şi culoarelor aeriene, componentele acelui sistem au consolidat o perspectivă de siguranţă. De fapt, chiar dacă am vrea, ar fi greu să restructurăm acel sistem pentru a-l face inducător de erori. Uniunea piloţilor, membrii congresului de zbor, identificarea uşoară a victimelor şi a făptaşilor şi accesul uşor la tribunale, „elasticitatea cererii" pentru serviciu (destui oameni pot evita DC-10 sau călătoria aeriană măcar pentru un timp scurt pentru a avea un impact economic), prezenţa federală şi experienţa cu controalele internaţionale, şi chiar sistemul de rapoarte voluntare – toate acestea conspiră, ca să spunem aşa, la promovarea siguranţei. Chiar şi abaterea de la regulament poate cauza o mică scădere a siguranţei.

Mult din sistemul marinei este greşit inversat. Victimele

identificabile sunt în principal marinarii cu statut scăzut, neorganizaţi sau sărac organizaţi; victimele colaterale ale poluării şi deversărilor toxice sunt anonime, întâmplătoare, iar efectele sunt amânate. Elitele nu navighează pe tancuri liberiene. Tribunalele marine există pentru a stabili responsabilitatea legală şi revendicările materiale, nu pentru a investiga cauzele accidentelor şi a despăgubi marinarii. Navigatorii nu evită străfundurile riscante, ci aleg calea cea mai ieftină şi mai convenabilă, şi nu-şi pot permite să nu mai navigheze un timp din cauză că ultima încărcătură a fost pierdută. Prezenţa federală este minoră şi apare absurdă în America; impactul său major este acela de a subvenţiona construirea de nave şi industria navală a Statelor Unite. Stabileşte standarde pentru navele care vor să ne folosească porturile, dar Statele Unite se află pe locul 14 în topul ţărilor pentru siguranţa navală, aşa că standardele nu pot fi foarte înalte. Şi în final, singura asociaţie internaţională responsabilă de siguranţă este consultativă şi interesată în principal de ţelurile economice naţionaliste.

Nu văd nicio altă greşeală la fel de responsabilă pentru sistemul inducător de erori ca aceasta. Ţările socialiste sunt o parte din acest sistem, aşa că profiturile private nu sunt cauza principală a creşterii accidentelor şi a creşterii riscului de a crea victime colaterale. Industria noastră chimică domestică este bazată pe profituri private, dar departe de a fi fără erori, totuşi nu este inducătoare de erori. Presiunile de producţie sunt foarte ridicate în sistemul marinei, dar ele există în alte sisteme unde sunt moderate de unităţi şi subsisteme care pot stabili şi impune responsabilitatea. Naţionalismul poate explica o afacere bună, dar nu şi comportamentul navelor americane în apele americane, care par a se deplasa din drumul lor pentru a se ciocni. Industria asigurărilor este un contribuitor pasiv, trecând costurile mai departe la consumatorul final, dar asigurarea joacă acelaşi rol în multe alte sisteme care sunt neutre faţă de erori sau care evită erorile (construcţii, petrochimie, pietre preţioase). Prezenţa federală, în termeni de cercetare, licenţiere, inspectare, regulamentare şi sancţionare este la fel de slabă în multe alte arii unde există un risc, cel puţin pentru participanţii colaterali, cum ar fi sporturile, activităţile recreaţionale şi muncile casnice unde sunt posibile hazarduri naturale (zone de cutremure, erupţii vulcanice, uragane, tornade). Dar aceste „sisteme", dacă putem lărgi conceptul, nu sunt inducătoare de erori.

Mai degrabă, pare a fi combinaţia componentelor sistemelor cea

care promovează inducerea de erori, astfel încât îmbunătăţirea sau schimbarea oricărei componente va fi fie imposibilă din cauză că altele nu vor coopera, fie inconsecventă din cauză că altele vor avea o expresie mai viguroasă. Tancul Shell, sigur şi bine proiectat, poate încă să se izbească de un vapor cargo, cu o listă lungă de infracţiuni; o mai bună comunicare radio poate însemna mai puţină comunicare din cauza sporovăielii; sistemele de evitare a coliziunii sunt inundate la viteze mari; tancurile mai mari, care ar reduce ocaziile pentru sosiri şi plecări unde sunt pericolele cele mai mari, înseamnă mai multe explozii şi mai mari, din cauza unor procese misterioase din interiorul tancurilor uriaşe – după cum a aflat Shell.

Într-un sistem inducător de erori tendinţa de a atribui vina operatorului este proeminentă. Astfel de studii reportează eroarea operatorului ca fiind cauza a 80% din accidentele marine. Am învăţat să fim suspicioşi în legătură cu acest lucru în alte sisteme, iar sistemul marin nu face excepţie. Este foarte evident pentru mine, din ce am citit în 200 de dosare detaliate ale accidentelor marine, că eroarea operatorului chiar predomină. Căpitanii pur şi simplu fac invers de cum ar trebui şi astfel îşi asumă riscuri pe care nici presiunile mari de producţie nu… Cred că acest lucru poate fi asociat cu natura specială a sistemelor inducătoare de erori. Comportamentul riscant este deseori atribuit „tradiţiilor mării”, incluzând-o pe aceea a acceptării riscului. De acord că un mediu înfricoşător nu este un loc pentru un funcţionar care se teme de riscuri, dar oare „tradiţia” explică multe?

Luaţi în considerare că acesta este un sistem în care incidentele (greşeli care nu duc la eroarea subsistemelor sau a sistemului) sunt mai multe decât în oricare altul, cu excepţia minelor subterane. Totuşi accidentele nu chiar destul de rare pentru oricare ofiţer sau navă. Aceasta înseamnă că recuperarea este aproape întotdeauna posibilă. Dacă aceasta este percepţia echipajului, atunci nu contează aşa mult dacă decizia este foarte atent luată, atenţia lor este tot timpul mare, dacă îşi asumă prudent faptul că o altă navă poate face un lucru greşit sau neaşteptat, sau dacă fiecare piesă din echipament este conform standardelor şi bine întreţinută. Vom întâlni frecvent exemple de astfel de erori, dar mi-e greu să cred că ofiţerii de nave sunt în deficienţă faţă de operatorii altor sisteme în inteligenţă, atenţie, aptitudini şi grija pentru propria siguranţă. De vreme ce se întâlnesc cu mai multe probleme decât operatorii altor sisteme şi aproape întotdeauna trec

prin ele fără nicio avarie sau doar cu avarii minore, atunci când au un accident major observatorii îi vor acuza că şi-au asumat prea multe riscuri sau că s-au comportat stupid. Excesul de probleme pe care le întâlnesc pornesc de la un sistem inducător de erori, unde, de exemplu, unele nave vor cheltui câteva mii de dolari pentru un simplu ajutor de navigare (Loran) şi altele vor cheltui sute de mii de dolari pentru un echipament care le conferă posibilitatea de a-şi asuma riscuri mai mari – şi crează perspectiva că îşi vor asuma riscurile.

Văzută în această lumină, nu avem de ales decât să numim multe erori neforţate; ofiţerii sau echipajul ar fi trebuit să ştie mai bine. Dar mai degrabă decât 80% erori ale operatorilor, aş face presupunerea că aproximativ 40% din accidente au ca sursă erori neforţate ale operatorilor. (Acestea ar fi accidente din cauza unor componente, cu operatorul reprezentând componenta care a greşit.) Probabil 5 – 10% din accidente sunt accidente de sistem. Erorile forţate ale operatorilor şi alte surse de accidente ar fi cauza pentru restul. Ocaziile pentru erori forţate sunt demne de menţionat aici: un căpitan poate fi la datorie timp de 48 de ore încontinuu; o zi de 14 ore pentru un coleg într-un voiaj de coastă nu este ceva anormal, iar riscurile precum şi cerinţele sunt mai mari la voiajele de coastă decât la cele oceanice; problemele de comunicare sunt imense, pe punte şi între nave, de vreme ce limba pe care o vorbesc ofiţerii şi echipajul nu este ştiută de alţi ofiţeri şi echipaje – personalul vine deseori din Pakistan, India, China, Grecia, Turcia, Filipine şi Indochina, iar limba oficială, engleza, este confuză; vapoarele navighează cu echipament deficient şi periculos; căpitanii sunt amendaţi pentru nerespectarea programului indiferent de vreme sau trafic; echipajele se schimbă în fiecare voiaj de cele mai multe ori, şi în consecinţă nu au motiv să întreţină echipamentul şi chiar să înveţe cum să-l folosească corect, lăsând căpitanul cu echipament vulnerabil şi resurse precare pentru recuperarea după o eroare. Niciuna dintre aceste probleme nu poate fi uşor corectată; fiecare depinde de altă parte a sistemului inducător de erori.

Complexitatea noastră şi a conceptelor cuplate şi aceea a accidentelor de sistem va juca încă un rol în analiză. Câteva încurcături tehnologice pe nave individuale au avut neanticipata consecinţă de a schimba un set de interacţiuni între nave slab cuplat într-unul strâns cuplat, făcând recuperarea mai dificilă când au intervenit greşelile.

Complexitatea interactivă va explica unele explozii şi coliziuni. Însăşi noţiunea de sistem inducător de erori este derivată din complexitate şi din conceptele cuplate. Vede unele aspecte ca prea slab cuplate (subsistemul de asigurare şi navigatorii), altele ca prea strâns cuplate (organizarea la bord); unele aspecte ca prea lineare (organizările la bord, care sunt foarte centralizate şi rutinizate), altele ca prea complex interactive (supertancurile, şi de asemenea interacţiunile complicate printre investigaţiile marine, judecătorii, agenţii de asigurări şi navigatori).

Dar în general sistemul este doar moderat cuplat; greşelile par a fi continue, dar recuperarea este posibilă deoarece limitele de timp nu sunt atât de stricte, resursele pot fi relansate într-o manieră ad-hoc, navele avariate pot să-şi continue voiajul. În timp ce există interacţiuni neanticipate ale greşelilor (complexitate), o mai mare parte a sistemului este lineară decât, să zicem, zborul, chiar dacă exemplele noastre vor sublinia atât complexitatea cât şi cuplarea.

Deşi noţiunile de complexitate şi cuplare ne vor ajuta, principiul unui sistem inducător de erori este probabil mai important. Navele operează în locuri unde cea mai mare parte a naturii şi a omenirii conspiră să-i distrugă. Regulile navigaţiei s-au dezvoltat în aşa fel încât să ajute tribunalele în găsirea vinei mai mult decât să ajute navele să evite accidentele; presiunile de producţie sunt deseori extreme; condiţiile de muncă sunt debilitante (40 de ani în singurătate, plictiseală şi efort intermitent pentru căpitan; mai rău pentru ofiţeri şi încă mai rău pentru echipaj, după cum vom vedea). Echipamentul este complex şi abia întreţinut; căpitanii refuză să stabilească contact radio cu o navă străină care este la un pas să îi lovească din cauză că sunt străini (şi oricum nu se vor înţelege), în timp ce constructorii japonezi de nave au construit tancuri petroliere foarte mari dar au uitat să sudeze diferite părţi pe laturi; şi probabil deasupra tuturor, deşi toate sunt importante, se află structura organizaţională autoritară care dezminte interdependenţa şi complexitatea operatorilor şi a sistemului.

Şi apoi există natura: furtuni sălbatice, valuri de 70 de picioare înălţime, punţi şi echipamente acoperite de gheaţă, canale strâmte şi schimbătoare, efecte de absorbire în canale, atmosfere care te pot face să crezi că un sunet vine din direcţia greşită, ceaţă atât de groasă încât nu poţi vedea puntea principală de jos. Homer avea dreptate; oamenii

îi tentează pe zei atunci când spintecă aceste întinderi verzi şi unduitoare. Noţiunea strictă de accident de sistem îşi pierde aici o parte din distincţie. Sunt atâtea surse de eroare, ele sunt întâlnite continuu şi devin de nedistins faţă de operaţiunile normale în marea majoritate a timpului. Este aproape prea picky pentru mine să subliniez faptul că pentru această eşuare a fost vreme proastă, radar slab calibrat, o epavă care s-a deplasat, un posibil coleg beat şi un program strict, şi apoi să exclam „Accident de sistem, multiple erori independente!". Aceasta e marea.

Voi susţine faptul că acest caracter inducător de erori al sistemului stă în organizarea socială a personalului de la bord (şi astfel voiajul nostru începe cu căpitanul şi cu tradiţiile mării), presiunile economice care operează (ridicând unele întrebări despre evitarea şi evaluarea riscului de către căpitani), structura industriei şi asigurarea (îndemnându-ne să examinăm mai atent statisticile sistemului), şi dificultăţile regulamentului naţional şi internaţional. Apoi vom examina dezvoltările tehnologice şi attempted fixes, primind puţine încurajări că sistemul va fi alterat de acestea în cel mai bun caz. Un exemplu major, acela al ceea ce voi numi „noncollision course collisions", va ridica o problemă pe care am mai întâlnit-o anterior, construcţia socială a realităţii, sau construirea modelelor cognitive ale situaţiilor ambigue. De ce două nave care ar fi trecut noaptea se întorc brusc una spre alta şi se lovesc? În final, vom extinde discuţia noastră spre sistemul mai larg, în acest caz naţiunile care se adună în jurul unei epave, ilustrând dramatic nu atât interacţiunea erorilor, deşi este aparentă, cât rezistenţa la soluţii într-un sistem inducător de erori.

Căpitanul

Până foarte recent, navele au fost întotdeauna sistemul uman centralizat preeminent de orice mărime sau complexitate. Prin comparaţie, chiar şi operaţiunile militare sunt moderat descentralizate, deoarece comandanţii de teren trebuie să acţioneze la o distanţă de headquarters şi să-şi ajusteze tacticile în funcţie de circumstanţele schimbătoare şi neprevăzute. Dar la bordul navei, căpitanul are comanda supremă. Căpitanul are un echipaj mic, exceptând navele mari, permiţând control personal şi supraveghere; el este răspunzător de un singur sistem care nu poate fi uşor „decuplat" şi plasat sub control împărţit. Este un sistem uşor de mânuit, pentru o singură autoritate, chiar dacă nava are lungimea a 4 terenuri de fotbal.

Tradiţiile puternice susţin controlul centralizat, şi limba noastră face uz liberal de termenul „căpitan” într-o varietate de contexte. Singura ruptură în această tradiţie, discutată mai jos, este în tancurile petroliere mari, unde o echipă de management înlocuieşte ierarhia tradiţională întrucât ingineria şi navigarea devin mai complexe şi mai importante, dând aceeaşi putere inginerilor şi specialiştilor în electronică.

Cu atâta responsabilitate pentru un singur om, nu este surprinzător că multe dintre cele mai grave dezastre marine pornesc de la căpitani incompetenţi. Istoria a păstrat un număr singular de exemple de erori neforţate ale operatorilor. O mostră urmează.

Căpitanul navei „Medusa”, o fregată franceză care s-a scufundat în 1816 cu pierderea a 152 de persoane (dintre care majoritatea au fost pierdute fără rost), era beat în marea parte a voiajului şi a ignorat avertismentele ofiţerilor săi în legătură cu apele periculoase. O pictură faimoasă dar regretabilă, „Pluta Medusei”, care se află la Louvre, aduce aminte de această tragedie.

Un căpitan al unui pachebot de lux care se apropia de perfidul port Halifax, Nova Scoţia, în 1873, a refuzat să se uite la hărţi, a interpretat greşit o lumină de la mal şi s-a culcat; 560 de oameni au murit şi aproape niciunii dintre femei şi copii nu au fost salvaţi, doar pasagerii bărbaţi şi echipajul. În 1893 monstrul îmbrăcat în fier, nava de arme H.M.S. „Victoria”, condusă de un briliant şi curajos tactician, Sir George Tyron, a condus o flotilă de 13 nave în portul Tripoli. Navele trebuiau să execute o manevră pe care ofiţerii subordonaţi au discutat-o fără succes, deoarece aceasta a condus cele două nave, „Victoria” şi „Camperdown”, ambele mândrii ale flotei engleze, într-o coliziune. Manevra a fost continuată şi „Victoria” s-a scufundat cu 358 de oameni. Căpitanul a părut că îşi înţelege greşeala doar în ultimul moment, şi chiar şi după coliziune a ordonat să nu se pună în funcţiune bărcile de salvare, necrezând că nava lui se va scufunda.

În 1904 o navă de excursie („General Slocum”), cu 1500 de pasageri, a luat foc în portul New York. Căpitanul, deja notoriu pentru gafele sale de mai demult, nu a ancorat nava la plaja din apropiere, ci s-a îndreptat prin vânt spre o insulă stâncoasă mai îndepărtată. Vântul din faţă nu doar a stârnit focul, dar a şi trimis flăcările la pupa, unde erau pasagerii refugiaţi; acolo au găsit veste de salvare putrezite şi echipajul a descoperit că furtunurile pentru stingerea focului

putreziseră. Salvarea a fost dificilă pe coasta insulei stâncoase şi peste 1.000 de oameni au murit, majoritatea femei şi copii. Peste 1500 de oameni au murit în dezastrul „Titanic”-ului în 1912, parţial din cauza unui căpitan prea sigur pe sine care naviga imperturbabil printr-un câmp de iceberguri noaptea, crezând că are o navă care nu se poate scufunda. Un iceberg a spintecat 5 compartimente etanşe; designerii au presupus că numai maxim 3 vor putea fi distruse deodată. După cum vom vedea, căpitanii nu s-au schimbat mult în timpurile moderne.

Aceste sisteme sunt oarecum unice în colecţia noastră din moment ce o singură persoană, căpitanul sau delegatul său, poate provoca atâta pagubă. Probabil din acest motiv atribuirea greşelii operatorului sau greşelii umane este mai ridicată în acesta decât în alte sisteme. Dacă o persoană are autoritate absolută asupra unui sistem, o eroare umană făcută de acea persoană nu va fi verificată de alţii. Piloţii de aviaţie sunt de asemenea „căpitani” şi au controlul ultim, dar al doilea la comandă se numeşte „copilot”, nu coleg, şi are o mai mare responsabilitate decât primul coleg pe o navă. Într-un accident de avion în Japonia în 1982, un copilot a încercat să preia controlul de la un căpitan incapabil, dar asta nu este ceva uzual. În general, copiloţii şi piloţii par a fi de acord, chiar dacă ambii greşesc. Ei verifică interpretările fiecăruia asupra circumstanţelor anormale. Dar nu este anormal pentru un ofiţer de punte să rămână îngrozit şi tăcut în timp ce căpitanul său ancorează vasul sau se ciocneşte cu altul.

Controlul centralizat asupra unui mic număr de personal într-o locaţie de muncă nu este atât de anormal după cum merg organizaţiile – gândiţi-vă la echipele de sport profesioniste, dirijorii de orchestre, mănăstirile, şi aşa mai departe. Dar aceste cazuri nu întâlnesc o unică problemă pe care o întâlneşte căpitanul: Dacă sistemul se extinde brusc, incluzând o altă navă, cine se va ocupa de noul sistem? Una dintre cele mai încăpăţânate probleme în sistemele marine este refuzul navelor de a coopera una cu alta în situaţii de pericol iminent de coliziune. Este ca şi cum puterea şi autoritatea căpitanului unei nave este provocată de puterea căpitanului altei nave atunci când aceste sisteme sunt brusc unite într-unul singur. Niciunul dintre căpitani nu este acum la conducere, şi subsistemele sunt strâns legate într-o interacţiune neplanificată. Regulile complicate şi ambigui ale drumului nu rezolvă dilema. În căile aeriene, cel care controlează de la sol este responsabil de o coliziune iminentă; în sistemul marin

inducător de erori, rolul autoritarului, crezut a fi funcţional pentru urgenţe navale, este disfuncţional pentru urgenţe internave.

Presiunile de producţie

Căpitanii de nave pot prezenta mai clar decât majoritatea rolurilor ocupaţionale problema discutată de economişti în aria „homeostazei riscului". Teoria este aceea că oamenii au un gust pentru risc, în consecinţă dacă faci activitatea mai sigură, ei o vor face mai riscantă, făcând-o mai repede, sau în întuneric, sau fără un dispozitiv de siguranţă. Teoria este extrem de simplistă şi datele nu prea o susţin. Pare a merge doar pentru unele activităţi exotice şi specializate cum ar fi cursele auto sau căţăratul pe munte, şi chiar şi aici alte variabile sunt posibil mai importante. Oricum, dacă îndepărtăm presupunerea că acest comportament riscant este o funcţie a preferinţelor individului la risc – şoferul de automobil, alpinistul – şi o înlocuim cu o analiză a sistemului în care comportamentul apare, devine mai interesant. Preferinţele dominante pot să aparţină acelora care controlează sistemul dar nu sunt personal expuşi riscului.

De exemplu, o poveste care circulă, deşi nu am văzut-o niciodată documentată, este aceea că atunci când dispozitivele mai bune de frânare au fost puse camioanelor mari pentru a reduce pericolele greşelilor de frânare pe dealurile lungi, numărul acestor accidente nu s-a redus. Dispozitivele sigur au mers, dar aceasta a înseamnat că şoferii au fost capabili să meargă mai repede pe dealuri pentru că aveau un mijloc de siguranţă în plus. Ei fie că au depăşit noile limite ale greşelilor de frânare, fie au depăşit limitele stabilităţii vehiculului. Eu cred această poveste, dar nu pentru că suspectez că şoferii erau nerăbdători să meargă repede pe pantele ţării la viteze impresionante, ci pentru că a merge mai repede înseamnă mai mulţi bani dacă au afacerea lor, sau mai puţină ceartă din partea şefilor dacă nu au. Dispozitivele de siguranţă le permit să îşi crească veniturile sau să-şi păstreze slujba atunci când presiunile de producţie cresc cu cât sunt adăugate mai multe dispozitive de siguranţă.

Fiind date aceste presiuni foarte reale şi rezonabile, problema nu este psihologia şoferului, ci greşeala designerilor şi a inginerilor de a produce dispozitive de frânare la un preţ rezonabil şi sigure, sau instalaţii mai stabile. Şoferii de tiruri nu vor să folosească aparatură proastă şi să se târască în jos pe Donner Summit, ei vor să meargă cât de repede le permit curbele şi patrula de autostradă. Desigur că există

şi şoferi iresponsabili (faţă de ei înşişi şi familiile lor, dar şi faţă de victimele colaterale), cum de altfel toţi suntem câteodată. Dar munca pe care o fac aceştia îi pune într-o situaţie unde iresponsabilitatea va avea consecinţe mai grave decât are pentru majoritatea dintre noi. Din nou, sistemul este cel care trebui analizat, nu indivizii. Cum ar trebui să fie proiectat acest sistem pentru a reduce probabilitatea sau a limita consecinţele situaţiilor unde iresponsabilitatea poate avea un efect?

Rolul dispozitivelor de siguranţă, presiunile de producţie şi riscul este similar pentru căpitanii de nave comerciale. A avut loc o creştere extinsă a dispozitivelor de siguranţă la bordul navelor în ultimele decenii, în special de când cu utilizarea răspândită a radarelor şi a altor dispozitive electronice de navigare începând din anii 1950. Dar un director al Shell International Marine Limited, şi un căpitan, nu este foarte impresionat de rezultate. El scrie:

„Instrumentele pentru menţinerea cursului, găsirea poziţiei, înregistrarea adâncimii, toate s-au îmbunătăţit considerabil în ultimii ani şi seturile cu radare cuplate care se găsesc acum în tancurile petroliere înseamnă că există date disponibile despre poziţia tuturor celorlalte nave cu care se află în contact, indiferent de vizibilitate; şi totuşi navele continuă să se izbească, să eşueze şi ocazional să se scufunde. Se pare că trebuie să concluzionăm că instrumentele îmbunătăţite sunt folosite pentru a le da voie navigatorilor să-şi urmeze voiajul cu o eficienţă economică mai ridicată, şi desigur cu o mai mare uşurinţă, dar riscul pentru fiecare navă ar părea că rămâne constant".

Alegându-şi cu grijă cuvintele, eficienţă economică mai ridicată şi uşurinţă mai mare, scriitorul pare să distribuie vina între proprietar şi căpitan – eficienţa pentru proprietar înseamnă mai mult profit, uşurinţa pentru căpitan înseamnă mai puţină muncă. Voi presupune că ultimul motiv există; este de altfel răspândit în lume. Dar este de asemenea neîndoielnic, din dosarele accidentelor şi literatura generală, că motivul profitului există cu siguranţă. Un căpitan poate economisi banii proprietarului şi probabil poate primi recompense financiare în schimb, neutilizând un pilot în apele unde este opţional sau nesunând pentru asistenţă de remorcare. Mai important, dacă un tanc pierde un flux, poate să stea în afara portului timp de 4 zile, aşteptând unul destul de mare, cu un cost de 70.000 de dolari pe zi dacă cererea de petrol este mare. (În mijlocul anilor 1970 un voiaj de 2

luni al unui tanc din Golful Persic spre Rotterdam şi înapoi ar fi putut aduce un profit de 4 milioane de dolari.) Căpitanii sunt judecaţi după abilitatea lor de a respecta programul; presiunea programelor stricte este mare. O navă este capital plutitor, şi profiturile nu sunt regularizate cum sunt în industria utilitară. Cum este în toate activităţile industriale moderne, banii trebuie câştigaţi făcând totul să meargă continuu.

Dovada presiunilor economice nu este, prin natura sa, uşor de come by. În rapoartele accidentelor de la Paza de Coastă şi NTSB asemenea cauze sunt tratate foarte cu grijă; cu greu ar putea să vină cu recomandări de a scrie în legile noastre maritime că proprietarii ar trebui să nu fie lacomi, în consecinţă nu prea merită să facem presupuneri asupra acestui lucru. Proprietarii pot uşor să dispute asemenea acuzaţii, şi de aşteptat ar fi să reacţioneze astfel: „Nu i-am spus niciodată să-şi asume un asemenea risc; regulile noastre sunt clare, siguranţa este pe primul loc". Cu toate acestea vom putea deduce aceste presiuni din unele dosare extinse ale accidentelor care vor fi expuse mai târziu în capitol.

Între timp, totuşi, există o oarecare dovadă dintr-un sondaj al marinarilor, făcut pentru Consiliul Naţional de Cercetare, studiind „Eroarea umană în siguranţa Marinei Comerciale". Consiliul Naţional de Cercetare este ramura de cercetare a Academiei Naţionale de Ştiinţe, o organizaţie profesionistă de oameni de ştiinţă care lucrează destul de aproape cu variate ramuri ale guvernului federal, în special militare, dar de asemenea şi în alte arii. În 1974 s-au făcut interviuri cu 153 de persoane care mergeau pe mare şi apoi s-a întocmit un chestionar care a fost trimis la peste 1.000 de marinari; rata răspunsurilor a fost destul de mică, 25 %, dar au fost returnate 359 de chestionare pe lângă cele 153 de interviuri. Este limitat, dar încă cel mai mare grup care a participat la un sondaj de care ştiu în mediul marinăresc.

Rezultatele referitoare la presiunile economice care au ca rezultat asumarea riscului sunt destul de neambigue. „Abilitatea de a face programe este văzută de ultimul grup de respondenţi ca singurul cel mai important factor în evaluarea unei companii a performanţei unui căpitan". Când au fost întrebaţi cât de des un căpitan poate refuza să scoată o navă din port sau să amâne plecarea fără a avea probleme cu şefii, 38% au răspuns că rar, sau de 1 – 3 ori, fără a avea probleme;

26% au răspuns că depinde de situaţie şi 23% au răspuns că depinde de căpitan. Întrebarea era una cu final deschis – nu au bifat alternativele, dar au scris răspunsul lor – lucru care face interpretarea dificilă, dar peste o treime păreau să indice că refuzul de a naviga pe vreme rea sau cu o navă nesigură ar aduce o puternică blamare. În plus, cei care au spus „depinde" s-ar putea să fi vrut să spună „Depinde de câtă presiune este pusă asupra căpitanului".

Când au fost întrebaţi ce părere are compania despre respectarea programelor în condiţii proaste, jumătate au spus că există o presiune puternică de a respecta programele, indiferent de condiţii. 87 % au fost de acord că un căpitan trebuie să facă tot ce poate pentru a respecta timpul aşteptat de sosire; 52 % au fost de acord că riscurile calculate fac parte din joc şi ar trebui să fie tratate ca o cheltuială operaţională; 75 % au fost de acord că programarea navelor în porturi cu toleranţă minimă la manevrabilitate este în natura unui asemenea risc calculat. Un exemplu de toleranţe minime la manevrabilitate apare când nave lungi cât un bloc intră într-un port cu doar 2 picioare sub chila lor, cu efecte foarte imprevizibile de sucţiune şi o completă pierdere a manevrabilităţii. Utilizând conceptele din capitolul 3, aceasta sporeşte natura dependentă de timp a sistemului şi reduce the slack available (cuplare mai strânsă), şi printr-o proximitate crescută, aduce în joc procese vag înţelese (sucţiunea şi efectele bancurilor de nisip), care se bazează pe surse de informaţie indirecte sau inferenţe (astfel sunt hrănite interacţiunile mai complexe).

99, 6 % dintre respondenţii la chestionar care au avut experienţă pe mare au spus că au navigat pe o navă despre care ştiau că nu era în condiţii optime. Desigur că poate exista o exagerare aici, dar 99, 6 % este un procent impresionant, sugerând puternice presiuni comerciale care trec peste regulile de siguranţă.

Interviurile susţin datele din chestionare prezentate mai sus. Câteva citate:

„Când X a suferit avarii severe la încărcătură, căpitanul a încetinit în mările agitate. Acesta a fost amendat pentru că nu a respectat programul. Dacă există o livrare garantată, nu se poate să nu existe şi avarii ale navei".

„Uneori când o persoană de la mal (cum ar fi reprezentantul unui proprietar) va sugera să navigăm fără remorci sau cu vizibilitate limitată. Acest lucru reduce cheltuielile sale operaţionale din port.

Căpitanii tineri sunt mai expuşi la această presiune pentru că nu ştiu câtă apă scoate oficial compania. Dacă ajungem într-un ancoraj în ceaţă, bugetul lui va suporta o cheltuială de o lansare şi descărcări".

„O companie a renunţat la un program de siguranţă în 1969, care a oferit un bonus remorcherelor şi echipajelor cu cele mai puţine reclamaţii de accidente. A fost observat faptul că rezultatul a fost reducerea productivităţii, încetinire în îndeplinirea sarcinilor, dorinţa de a opta pentru sarcini mai puţin periculoase, a remorca în susul unui râu decât a aduce o macara plutitoare, etc."

Să luăm următorul accident. Ca toate exemplele pe care le voi folosi, implică o varietate de greşeli, dar în acest caz presiunea economică este foarte importantă. Un căpitan experimentat şi meticulos al unui mare tanc petrolier a ales să o ia pe o rută mai puţin sigură dar mai directă către Angle Bay, terminalul cu apă adâncă al British Petroleum, pe partea vestică a Wales. El ar fi salvat aproximativ 6 ore dacă ar fi trecut prin Insulele Scilly; ruta normală le evită. A fost informat de agentul de la British Petroleum că dacă nu ajunge la timp în Milford Haven, la intrarea în Angle Bay, pentru a prinde fluxul, va trebui să aştepte 5 zile din cauza fluctuaţiei considerabile a mareei. Aşa că el a calculat că ar fi trebuit să ajungă cu 4 ore mai devreme pentru a transfera încărcătura în apele calme din Milford Haven. Pe mare, pentru a reduce frânarea, se afla mai mult petrol în tancurile din mijloc decât în cele din extremităţi; astfel tancul trăgea 52 de picioare şi 4 inchi la cea mai adâncă parte a carenei. Era prea adânc pentru a putea intra în port chiar şi la un flux mare, aşa că o parte din petrol a trebuit să fie pompat de la tancurile din mijloc spre cele din extremităţi. Acest lucru ar fi salvat 2 inchi! (Ne întrebăm ce se întâmplă dacă ratează centrul precis al canalului, sau dacă există o umflătură care ar putea ridica sau afunda monstrul cu 4 inchi. =

De ce a insistat căpitanul să transfere încărcătura în ape calme decât în voiajul în port, când ultima variantă i-ar fi salvat 4 ore? Există un risc de a vărsa petrolul în mare, se pare că a spus căpitanul. Această explicaţie a fost tratată cu amuzament de către şeful comisiei de anchetă. „Nu a vrut să-şi murdărească puntea, ca să nu vină în port arătând noroios", a spus acesta reporterilor după audienţă. Oricare ar fi explicaţia, se pare că cele 4 ore salvate nu ar fi fost suficiente pentru a întâlni fluxul.

Căpitanul a decis să treacă prin Insulele Scilly, o adunare de

limbi de nisip şi stânci cuprinzând 48 de mici insule. Patru sunt locuite, predominant de pescari, şi au existat 257 de epave acolo între 1679 şi 1933. Poveşti cu false lumini şi nave jefuite abundă. Edward Cowan, în povestea sa plină de viaţă, „Petrol şi apă", notează că următoarea rugăminte a fost atribuită reverendului John Troutbeck, un capelan aflat în Insulele Scilly la sfârşitul secolului XVIII:

„Ne rugăm Ţie, O Doamne, nu ca eşuările să aibă loc, dar dacă se întâmpla, Tu să le ghidezi către Insulele Scilly pentru beneficiul săracilor locuitori".

Navigarea în trecătoarea pe care a ales-o căpitanul, pe vreme bună, chiar şi noaptea, este „perfect simplă" atâta timp cât poziţia navei este frecvent verificată, spune biblia navigatorului, „Channel Pilot". Dar în această trecătoare „perfect simplă", el a dat de bărci de pescuit (pe care oricine s-ar aştepta să le întâlnească ocazional) şi nu a fost capabil să facă întoarcerea finală ca să evite nişte stânci subacvatice exact atunci când trebuia; din nefericire, în graba sa avea viteză maximă când a pătruns în canal.

…Pag 184 – 199…

Începutul paginii 200…

Prival/rivalităţi încă de la sosirea maşinilor pe aburi, sunt puse acum împreună, inginerii împart o tablă cu căpitanul şi comandantul. „Dar automatizarea a dus aceste schimbări şi mai departe", Mostert notează.33. Acum există şi al treilea castel – inginerii aparaturii electronice, o transformare a vechiului inginer care schimba becul electric şi siguranţele, electricianul, într-un sistem de inginerie.

Inginerul sistemelor sau inginerul aparaturii electronice este responsabil de aparatura automatizată din camera motorului/maşinilor, de radarul şi sistemul de evitare a coliziunilor, de sistemul de comunicare dintre vase, prin telefon, şi de calculatoarele – din puţine vase moderne – care primesc poziţia vasului prin satelit şi îl direcţionează corespunzător. Nu mai este sigur cine este responsabil. O companie britanică, relatează Mostert, a renunţat la termenul de „conducător" şi numeşte căpitanul vasului „director", iar vasul este condus de un „comitet", format din ofiţeri de navigaţie, inginerie şi sistem electric. Între timp, deţinătorul cartei (cele mai multe petroliere, cel puţin, sunt cartate; marile companii petrolifere deţin numai 35% din flotă) direcţionează din ce în ce mai multe activităţi ale vaselor de la ţărm. Căpitanul primeşte o foaie cu

sarcinile de întreţinere pe care le are de realizat, şi un orar detaliat al acestora. Direcţiile transporturilor sunt frecvent modificate; programele, rutele, şi timpul sosirii sunt stabilite la ţărm şi transmise prin radio vasului. Conform modelului raţionalizării transportului aerian, aceste modificări sunt, probabil, favorabile. Slăbind autoritatea supremă pentru un sistem moderat de complex şi destul de dur strâns/legat ar trebui să permită rezolvarea eficace a problemelor. (Dar, după cum vom vedea în capitolul destinat misiunilor spaţiale, crescând puterea biroului director poate să meargă, cu toate astea, destul de departe.)

Desigur, sistemul automatizat face ca vasele să fie vulnerabile la mici erori. Un incident este descris în cartea lui Mostert, în care cameră motoarelor era setată pe control automat în timp ce toată lumea dormea. Alarmele s-au dezactivat; boilerul principal a cedat/oprit, şi motoarele s-au oprit automat – un dispozitiv de siguranţ, ca şi în cazul centralelor nucleare. Puterea electrică de urgenţă era produsă de căldura reziduală – pentru 20 de minute şi apoi s-a oprit. Echipajul nu putea găsi cauza, aşa că au pornit, în orice caz, boilerele pentru a produce electricitate să poată continua căutarea. A durat 6 ore pentru a afla că o diafragmă de cauciuc de numai o jumătate de inch s-a crăpat de pe o valvă de reducere. Valva folosea aer sub presiune înaltă pentru a menţine ridicată o clapă a unui ventilator… (forced draft fan?). Disfuncţia diafragmei a cauzat închidereai clapetei, dar numai pentru moment, eveniment trimis calculatoarelor ca mesaj că s-au închis clapetele, deşi acestea nu s-au închis. Având semnalul închiderii clapetelor, calculatorul imediat a oprit boilerele, care au oprit motoarele de pe vas. Din fericire, vasul nu era în ape tumultuoase sau aproape de un ţărm, sau într-o furtună.34. După cum Mostert spune cu abilitate, automatizarea este minunată; „Are o faţă drăguţă, animată". Dar automatizarea depinde de sistemul independent de electricitate – acesta automatizat la rândul său.35

Exploziile

VICC-urile (sau TNFM) nu numai că au adăugat un grad de complexitate la marea încărcătură, au introdus de asemenea noi complexităţi la problema exploziilor. Petrolierele au explodat încă de când au fost prima data folosite, dar problema a devenit îngrijorătoare, în special, cu producerea Transportoarelor Naturale Foarte Mari (VICC – transportoare de petrol nerafinat, de la locul de extracţie, către

rafinării). Mostert notează că între anii 1959 şi 1974 au avut loc, aproximativ, 14 explozii pe an ale petrolierelor. 36. Într-o perioadă de 18 zile în 1969, trei VICC-uri au explodat. Toate erau noi, şi toate erau curăţate în mare la momentul producerii exploziei. Shell şi alte companii au lansat intense anchete asupra problemei, şi poate, notează Mostert au cheltuit mai mult încercând să înţeleagă cauza exploziilor decât s-a cheltuit de industria de construcţie pe modele, experimente şi cercetări pentru producerea noului vas de 200.000 tone.37. Problema este că una dintre industriile chimice se confruntă regulat cu tranziţia/trecerea de o atmosferă foarte bogată la o atmosferă săracă. Procesul se explică astfel.

Petrolul singur nu explodează, sau să ardă în întregime cu uşurinţă; gazul emanat prin evaporare este cel care creează problema. Acest gaz este bogat în hidrocarburi, care sunt explozive. După ce petrolierul este golit, încă rămâne mult reziduu în acesta. Un petrolier poate avea dimensiunile unui interior de catedrală mare; un vas poate atinge marinea uneri aripe a catedralei, din moment ce un vas de 200.000 tone este de 1.000 picioare lungime. Un petrolier de 200.000 are 30 de containere; un petrolier de 250.000 de tone va avea numai 15 containere de dimensiunile unui interior de catedrală. Cu toată această suprafaţă expusă, evaporarea este rapidă. Când un petrolier este plin sau chiar numai un sfert plin, aerul este atât de bogat în hidrocarburi, încât nu va exploda. Dacă este gol şi spălat, totuşi rămâne destul petrol, şi destul aer care să dilueze gazul, Problema se află în fazele intermediare, trecând de la aer prea negat la prea diluat, când se ajunge inevitabil la o mixtură explozivă. Din moment ce aerul din aceste catedrale nu se mişcă prea mult, un gol de aer într-un colţ al petrolierului, sau între două nervuri ale vasului, sau sus – lângă punte, poate fie mixtura potrivită în timp ce restul masei de aer este sigură. Poate să fie un gol mic de aer – câţiva metrii pătraţi – şi imposibil de detectat, în timp ce îşi poate modifica poziţia. Deja este suficient să aprindă petrolierul în mersul său.

O sunteie este suficientă pentru a aprinde mixtura explozivă. O scânteie poate fi produsă de o haină din nilon; de o sfoară de nilon; de căderea unei piuliţe din furtunul de curăţare; sau chiar de însăşi apa de curăţare. Când apa se loveşte sub presiune de parţi de oţel, poate genera electricitate statică suficientă pentru a aprinde o mixtură explozivă. Experimentele realizate de compania Shell au dus la

următoarele afirmaţii mai jos parafrazate.

Petrolul este spălat de pe părţile, de pe peretele despărţitor şi alte structuri interne ale petrolierului de către maşini automate care rotesc jeurile lor uriaşe de apă. Apa din duze se extinde în blocuri mari care trec printre nori denşi de apă pulverizată. Electricitatea statică din apa pulverizată este absorbită de blocurile de apă; acestea se încarcă electric precum un nor de furtună. Când se lovesc de metal sunt capabili să producă o flamă, asemănătoare cu fulgerul. 38. Soluţia, aplicată acum în noile petroliere, este efectivă, dar scumpă: gazul rezidual de la boilere este bogat în nitrogen, nonexploziv. Este pompat în containere pe măsură ce este extras petrolul din acestea, înlocuind astfel petrolul cu o mixtură nonexplozivă. Dar încă sunt probleme. Containerele trebuie verificate temporar de orice nişă sau defect; datorită dimensiunilor mari ale vasului, se pun presiuni uriaşe pe carena vasului şi pe pereţii despărţitori. Inspecţia necesită echipament cu oxigen şi prezintă râsul de a fi contaminat. Este un hazard bine recunoscut, şi se iau măsuri de protecţie datorită marelui număr de oameni implicaţi şi ucişi în întreţinerea petrolierelor.

Mai mult decât atât, se întâmpla ca aerul inert să nu poată fi folosit, chiar dacă vasul are capacitatea necesară. Petrolierele explodează frecvent în golfurile şi porturile noastre atunci când gazut inert nu este folosit, de exemplu, datorită scurgerilor din „ullage" (dispozitivul unde se verifică nivelul uleiului). Într-un astfel de accident, un nor de vapori de pe puntea unui petrolier într-o zi fără vânt, şi depozitat temporar într-un furtun, a călătorit câteva punţi în jos pe tub sub efect de sifon, până unde avea loc o sudură. Sudura a aprins acest nor de vapori, şi scânteia a urcat pe furtun şi pe punte undenorul de vapori a explodat.39. A fost, putem spune, o interacţiune neaşteptată. Fulgerele din furtunile frecvente din aria Golfului Mexic pot să găsească scurgeri de gaze sau supape deschise. Un astfel de eveniment a s-a întâmplat în canalul navigabil al Houstonului pe 1 septembrie, 1979, când S.S. Chevron Hawaii a sărit în aer luând 3 vieţi omeneşti şi rănind alţi 13. Un proiectil încălzit din vasul care a explodat, 5 pe picioare, a zburat 600 de picioare pe spre ţărm şi a lovit un container cu alcool etilic, explodând astfel; uleiul în flăcări de pe suprafaţa apei a dat foc la alte câteva vase din apropiere; focul a ars timp de 18 ore. Pierderile au fost esmate pentru vasul de 70.000 tone la 50 milioaneş; pierderile terminalului şi a altor vase a ajuns la 27

milioane de dolari; costul curăţării apelor afectate se estimase iniţial la bruilioane $. 40. Ca de obicei, se putea şi mai rău; un container al unei ferme a fost la un pas de a arde. Din fericire, niciunul din rezervoarele din apropiere ale vaselor mari de transport nu aveau încărcătură cu gaz butan. Unul dintre acestea a fost lovit în alt accident de un cargobot în Louisiana, şi explozia a ucis 12 oameni şi a pierderile au fost estimate la 10, 5$ milioane.

Reparaţiile tehnologice

Extraboilere, aparate de cârmuire în plus, gaz inert, generatoare de urgenţă, sunt toate dispozitive la fel de importante la bordul vaselor, astfel Garda de Coastă şi NTSB le cer adesea. Dar adevărata problemă este vederea. Trebuie evitată lovirea fundului apelor, a ţărmului, a podurilor, şi a altor vase. Aceste obstrucţii sunt lovite pentru că nu sunt observate, nu sunt văzute la timp, sau nu le este determinată direcţia în care vor întâlni curentul, direcţia vântului, sau alt vas. Dacă ar putea doar vedea obstacolele şi să anticipeze posibilul punct de coliziune sau de impact, la timp, dezastrul s-ar putea evita. În consecinţă, reparaţiile majore s-au centrat pe problema observaţiei şi pe problema relativă a motricităţii/mişcării.

Un dispozitiv pentru observaţie este sonda ultrason, care transmite informaţia către cabină dacă apa devine mică. Aceste sonde au o îmbunătăţire la termen limită şi încă se foloseşte. Acestea pot fi folosite în mod limitat în conjuncţie/împreună cu hârţele marine pentru a naviga. „Numai dacă ar fi verificat sonda ultrason ar fi putut observa că se aflau cu 5 mile în deraiere de la curs, şi aproape aruncaţi pe ţărm" – este un refren familiar în rapoartele accidentelor. Dar dacă nu ai alt motiv să crezi că eşti în deraiere, nu te vei uita, în mod particular, atent la sonda ultrason. Mai mult decât atât, acestea sunt de multe ori inexacte sau reglate greşit. Observarea fundului apelor nu este, totuşi, cea mai mare problemă de vedere; cele mai multe scufundări, consider, se întâmplă pentru că nu se observă ţărmul, nu din motivul că nu se observă fundul mării.

Cea mai mare realizare în materie de vase „oarbe" este radarul, descoperit în timpul celui de-al doilea război mondial de către britanici folosit pentru defensivă şi arme. (este unul dintre multele lucruri extraordinare despre care se spune că au câştiga războiul pentru Alinanţă. Din momentul în care a atins un grad de acurateţe şi exactitate rezonabil, a început să fie folosit la bordul vaselor

comerciale. Rezultatele iniţiale au fost dramatice. În Canalul Englez, în timpul nopţii, pe o ceaţă densăsau furtună, un vas echipat cu radar putea trece ca o săgeată printre flotă fără primejdii, privind progresul încet al vaselor „oarbe" şi menţinându-şi viteza maximă. Conducerea vasului ştia că celelalte vase nu aveau cum să facă întoarceri bruşte, sau să mărească viteza, pentru că nu aveau cum să vadă. Aceste vase „oarbe" aveau cursuri predictibile la viteze predictibile, folosind inutile fluiere pentru scopuri legale. Trecând pe lângă nu ridică probleme. Dar când mai multe vase prives atent tubul de catozi, problemele încep. „Ţinta" Y (limbajul este probabil o remanenţă din aplicaţiile militare timpurii când se folosea radarul pentru a găsi ţinte, nu pentru a le ocoli) părea să urmeze un curs constant la o viteză constantă, dar dacă şi X ar avea radar, s-ar hotăra să schimbe cursul imediat, sau să mărească viteza, pentru că a anticipat că Y avansa „orbeşte", dar cu grijă şi nu va schimba viteza sau direcţia. Rezultatul este ceea ce se numeşte, în accidentele marine, coliziuni asistate de radar.

Numărul coliziunilor nu a scăzut odată cu radarul. În mod particular, numărul coliziunilor între vase când cel puţin unul avea radarul nu au scăzut; s-ar putea să fi crescut. Ceea ce cu siguranţă a crescut a fost viteza, pentru vasele care mergeau ceva mai încet când nu aveau radarul.

Radarul este cu greu infailibil şi câteodată chiar ineficient. În momentul coliziunii bacului New York, American Legion, cu un vas de încărcătură în ceaţă densă pe data de 6 mai 1981, radarul acestuia funcţiona. Însă, căpitanul a declarat că reprezentarea grafică a ţintelor pe un radaroscop nu este nici făcută pentru bacuri, nici practică. Operatorul de radar trebuie să reducă „erorile de contact", aceasta fiind, corectarea erorilor din sistem; operaţiune greu de realizat când vasul nu este menţinut pe o rută constantă sau trece prin ape agitate. Mai mult decât atât, complexitatea cerinţei de reprezentare grafică/radaroscopică este considerabilă. Raportul TSB relatează unele probleme. Obsetvatorul radarului trebuie să obţină coordonatele vasului, direcţia de la pilot su de la timonier în timp ce încearcă să obţină un raport de legătură pe radar. Pentru a realiza o proiecţie a unui raport relativ (ţinta se mişcă, la fel ca şi bacul), un alt raport trebuie efectuat după un interval de timp. Pentru motivul că bacul îşi poate modifica direcţia între timp, un alt raport trebuie cerut de la timonierşi calculată diferenţa şi aplicată. Dacă ţinta şi-a modificat

direcţia, procesul de măsurare/estimare se reia. Între timp, imaginea pe radaroscop este probabil să devină estompată; şi este posibil ca multe contacte radar într-un loc ca portul New York să fie o activitate care cere timp şi concentraţie maximă. În acelaşi timp, acelaşi radar este de asemenea folosit pentru a determina cursul pentru cârmuirea vasului, prin observarea bornelor şi monitorizarea variatelor ajutoare maritime.

În consecinţă, valoarea radarelor ca sisteme anticoliziune este limitată; adăugată la faptul că recent, 57% din persoanele examinate au picat examinarea Gărzii de Coastă (Coast Guard) în materie de capacitate de utilizare corectă a radarului; şi valoarea acestei îmbunătăţiri tehnologice este demonstrată că fiind limitată.42. În final, un studiu a găsit că la detectarea iniţială realizată de radar, vasele din eşantion au realizat la fel de multe schimbări de curs înspre (direcţia) ţintei, cât şi opus acesteia! 43.

Fără să surprindă, s-au făcut eforturi pentru a automatiza complexa cerinţă de o reprezenta grafic cursurile/rutele vaselor ţintă şi de a stabili identitatea căpitanilor acestor vase, şi prezicerea locului de apropiere maximă. Dispozitivele variate destinate pentru acest lucru, ale căror dezvoltare a fost puternic recomandată de Garda de Coastă şi de NTSB, sunt denumite sisteme de evitare a coliziunilor (SEC). Acestea procesează datele obţinute de radar, calculează viteza propriului vas şi a altor vase, cursul fiecărui vas, şi punctul posibil de atingere. (PPA). O manevră de încercare se poate introduce şi se vor estima rezultatele. Alarmele anunţă dacă un vas care se apropie este posibil să ajungă într-o distanţă predeterminată, să zicem una sau două mile. Este o minune a electronicii moderne, simplificând munca tuturor.

Desigur, dacă celelalte vase, cu sistemul lor de evitaie a coliziunilor, încep să îşi schimbe direcţia, sistemului îi trebuie o perioadă de timp pentru a determina direcţia stabilă/constantă pentru fiecare vas; se poate să fie o întârziere de două minute, care poate fi mult prea mult dacă deţinătorul vasului şi vasul ţintă navighează cu 15 mile/h în direcţii reciproce (convergente). Viteza hotărâtoare este de 30 mile/h pentru vase care le trebuie cel puţin o milă pentru a altera/schimba semnificativ cursul lor.44.

Un sistem adiţional propus este radarul maritim de dialogare radioreceptată (RÂNDR), care fiind întrebat de un alt vas îi va

transmite automat informaţii privind viteza, direcţia, încărcătura şi adâncimea chilei vasului scufundată în apă, în special când este încărcat.

Dar într-un pasaj aglomerat, un vas ar putea primi atât de multe posibile ţinte şi semnale de alarmă încât „ofiţerul cârmaci" (cel care se uită de pericole) ar putea închide dispozitivul. Aşa se întâmplă cu sistemele prezente sisteme de evitare a coliziunilor (SEC).

Pesimismul meu legat de SEC şi RÂNDR este împărtăşit de un extraordinar şi respectat analist al accidentelor marine, John Gardenier, al Oficiului de Cercetare şi Dezvoltare al Gărzii de Coastă U.S. Într-un document din 1976, acesta raportează o cercetare realizată de el şi colegii săi care contrazice cele mai multe norme ale frăţiei ingineriei maritime, şi chiar a Gărzii de Coastă aş crede. A luat un număr mare de accidente, incluzând coliziunile vaselor medii şi mari de-a lungul a câţiva ani, şi s-a întrebat câte din acestea nu ar fi avut loc, dacă s-ar fi folosit radarul SEC? Din moment ce SEC este destinat pentru prevenirea coliziunilor, aşa ar face în aceste cazuri? Aceştia au dat radarului SEC un beneficiu de îndoială; dacă ar fi fost prezent, se presupune că ar fi lucrat, şi funcţionând, şi corect interpretat (amândouă supoziţiile destul de generoase). Dacă toate aceste ar fi fost reale s-au întrebat dacă s-ar fi putut face posibilă prevenirea unei coliziuni; ei nu au cerut că în mod cert ar fi trebuit. În numai 9.6 procente din 198 coliziuni ar fi putut fi evitate coliziunea; evaluatorii independenţi nu sunt de acord cu alte 2.5 procente şi erau incerţi privitor la un procent. Aşadr, rezolvând aceste dezbateri şi incertitudini în favoarea SEC şi presupunând că funcţiona şi era folosit în mod corespunzător, tot am fi avut numai 12.1 procente de evitare a coliziunilor prin sisteme de evitare a coliziunilor. Procentul de 9 la 10 este mult mai realistic.

Se poate cere ca vasele să fie echipate chiar dacă numai 9 procente din coliziuni ar putea fi evitate; coliziunile sunt scumpe. Dar acest rezultat sugerează destul de puternic faptul că determinantul copleşitor al coliziunilor nu sunt datorate lipsei de informaţie despre poziţia relativă şi direcţiile celor două vase, care ar fi oferite de SEC: În 68 procente din coliziuni acest mod de informaţii nu ar fi o problemă (ceea ce înseamnă că vasele se îndreptau „orbeşte" unul către celălalt fără să schimbe cursul). În 13 procente din cazuri, SEC ar fi putut face o ddiferenţă, după cum am observat; pentru cele 19 procente care

rămân informaţia ar fi relevantă, dar nu şi suficientă pentru a evita o coliziune. De ce? Din două motive majore: pentru aproape jumătate din aceste cazuri manevrarea acestor vase ar fi făcut imposibilă determinarea proiectarea cursului folositor sau punctul maxim de apropiere; sistemul necesită un curs stabil atât pentru vasul „ţintă", cât şi pentru cel care deţine aparatura. Pentru aproape jumate din cazurile rămase, radarul nu funcţiona corect din motive ca ploi torenţiale. Cazurile rămase implică lipsa controlului vasului, funcţionarea defectuoasă a radarului, şi aşa mai departe. Totuşi, o reducere de 9 procente – dacă ar funcţiona şi ar fi folosit corect, ar merita, numai dacă nu ar încuraja viteze ridicate.

Gardenier şi asociaţii săi, au studiat de asemenea cazurile comunicării radio/telefon între vase. Au examinatorocentul coliziunilor posibil evitate prin comunicare radio între vase. Iniţial a fost ridicat – aporximând 45 procente din 1964 până în 1969, perioada studiului când existau puţine astfel de radiouri. Din moment ce au început să fie folosite la scră largă, cazurile de evitare posibilă a coliziunilor a scăzut de la 19 procente (1971 – 1974). Astfel, din moment ce mai multe vase între anii 1971 – 74 aveau un astfel de echipament, au fost şi mai puţine accidente pe care cercetătorii spun că ar fi putut fi evitate dacă vasele ar fi avut echipamentul radio. Dar şi funcţionând problemele legate de utilizarea lor au crescut constant – spre exemplu canale greşite folosite, prea mult trafic pe canalele de comunicare, neînţelegerea informaţiei transmise, şi greşind identitatea vasului cu care se menţine legătura. Până în 1974, 18 procente din coliziuni dezvăluiesc astfel de probleme; echipamentul era prezent, dar putea fi folosit corect la capacitatea sa maximă. Aşa se întâmplă şi cu radarul, impactul iniţial a fost probabil măreţ, dar când influenţa sistemului preia conducerea, avantajul se reduce. Traficul aglomerat este o astfel de influenţă a sistemului.

Tabelul 6.1
Frecvenţa coliziunilor
Cauza coliziunilor procentul total
Încălcarea deliberată a regulilor drumurilor 55.6
Erori de înţelegere 50.O
Mediul 46.5
Modelul vasului, schiţa drumurilor navigabile 31.3
Detectare târzie 30.O

Aglomeraţie 9.5

Avariere a sistemului mecanic 8.0

Sursa: din Gadenier, John S., „Toward a Science of Marine Safety", simpozion pe Siguranţa Traficului Maritim, Haga, Olanda, aprilie 1976.

Gardenier şi colegii săi au studiat de asemenea cazurile de coliziune, şi au găsit că problemele mecanice, cum ar fi angrenajul volanului rupt, au scăzut considerabil din 1964 până în 1974; în anii 1970 – 74 s-au numărat numai 8 procente de cazuri de coliziuni. Marile categorii de coliziuni erau formate din care cel puţin unul dintre vase avea peste 10.000 tone – în perioada 1974 – 70 – după cum arată tabelul 6.1. (Din moment ce pot fi cauze multiple, procentajul nu se adăuga la 100). A se observa rolul mojor al „factorului uman"; primul sau chiar primele două tipuri de coliziuni, încălcarea şi înţelegerea greşită, s-au găsit în 89.4 procente dintre coliziuni. Într-o listă separată a încălcărilor, viteza excesivă era cea mai des întâlnită (şi este strâns legată de grijile economice ale deţinătorilor). Îndeaproape urmate de nemenţinerea pe canalul corect de comunicare sau aprobat la comun, supraveghere defectuoasă, şi interpretare greşită a regulilor legate de vasul prioritar şi cel cu încărcătură mai mare. Viteza excesivă în zone de vizibilitate redusă numără aproape jumătate dintre încălcări.

Şi ne întoarcem înapoi la presiunile din producţie. Chiar dacă SEC şi comunicarea telefon-radio (şi sisteme de ghidare automată/din inerţie etc) par să reducă accidentele din aceste cercetări, dar par să mărească de asemenea viteza şi asumarea riscurilor, pentru că procentul accidentelor creşte constant). Presiunile de producere înving finalurile sigure ale dispozitivelor de siguranţă, şi cresc presiunile folosirii dispozitivelor într-un mod specific de a reduce costurile operatorii prin a merge mult mai repede, sau mai drept; acestea fac ca sistemele maritime ca un tot unitar ceva mai complex (apropierea, înţelegerea limitată) şi strâns corelate (funcţii dependente de timp, şi ape liniştite limitate).

Dacă admitem ca presiunile de producţie sunt importante, şi că sistemul induce erori datorită structurilor autoritare de la bordul vasului, probleme cauzate de vreme, probleme legate de vizibilitate, şi aşa mai departe, totuşi avem o problemă care rămâne. De ce vasele schimbă ruta pe ultimul minut şi se lovesc din moment ce ele nu se aflau pe rutele de coliziune reciprocă? Cum se pot explica/înţelege

coliziunile de pe rutele sigure?

Coliziunile pe rute sigure

Coliziunile pot număra 10 procente din cazurile de accidente maritime, cu mult peste fiind scufundările (40 de procente), naufragii (32 mocente), şi incendii şi explozii (18 procente). 45. Totuşi induc cel mai mult în derută, pentru că ar părea să fie evitate. O mare parte din îmbunătăţirile tehnologice din industria trasnporturilor sunt concentrate cu sistemele de evitare a coliziunilor, posibil pentru că o coliziune apare ca un accident care nu ar trebui să se întâmple şi putea fi evitat. Nu ar trebui să se întâmple pentru că există dovezi că cele mai multe coliziuni necesitau acţiuni energice/eficace pentru a avea loc.

Când ne gândim la coliziuni, în general, ne gândim la două vase pe rute convergente (/care se intersectează) care se vor ciocni; în ultimul minut sau două ei pot observa impactul iminent, dar este mult prea târziu pentru a face o schimbare efectivă a cursului. Este evidenţiat acest lucru în figura 6.1. Este destul de evident faptul că acest eveniment este destul de rar. Cele mai multe coliziuni pe care le-am găsit exemple potrivite pentru vase implicate care nu erau pe cursele de coliziune, dar una sau ambele au reuşit să schimbe cursul după ce au realizat prezenţa celulialt suficient de repede pentru a modifica/evita coliziunea. O organizaţie concentrată cu siguranţa maritimă, Consiliul Transporturilor Maritime din Regatul Unit al Marii Britanii, a publicat o compilaţie de 50 de accidente în 1972 cu hărţi ajutătoare ce reprezentau liniile de coastă, adâncimea apei şi alte informaţii de interes maritim – toate relevante (cu permisiunea politicoasă de a le publica aici) 46. Opt dintre ele sunt prezente în figurile 6.2, 6.3, 6.4, şi 6.5.

Dintre cele 26 de coliziuni din această compilaţie de 50 de accidente, numai două reprezintă coliziuni în care nici nu vas nu a reuşit să modifice ruta sa. Unul din acestea două, a însemnat un vas ciocnind un vas ancorat, celălalt a însemnat o coliziune uşoară între cele două prore ale vaselor într-un canal. În 5 alte cazuri, un căpitan sau amândoi au efectuat o manevră de evitare între ultimele două minute înainte de coliziune; manevra ar fi fost eficace – nu se poate afirma cu siguranţă – dacă ar fi fost realizată mai devreme. Astfel, între 2 şi 7 din cele 26 de coliziuni, au fost coliziuni pe „rutele de coliziune". Celelalte 19 procente, (şi posibil chiar 24) au fost coliziuni pe rutele sigure. În aceste 19 cazuri s-a realizat o schimbare a cursului de cel

puţin unul din vasele implicate cu intenţia de a evita impactul, dar au sfârşit prin a produce coliziunea ce nu ar fi avut loc.

Care să fie oare motivul pentru care căpitanii responsabili de mari vase să facă uneori elaborioasele schimbări de curs de ultim minut care le-ar aduce în pragul coliziunii? Cele mai multe dintre aceste coliziuni s-au întâmplat în larg, fără constrângerea obstacolelor de coastă, şi cel mai mult decât atât prezenţa unor alte vase ar fi exclusă. Dacă vasele ar încerca să se ciocnească între ele, ar necesita o întreagă muncă de coordonare pentru a reuşi coliziunea la fel ca în figurile 6.2 şi 6.3. Noi ştim că nu se caută ciocnirea, aşa că misterul persistă. Din păcate, rapoartele din publicaţie nu detaliază suficient pentru a ne permite să explicăm aceste evenimente. Uneori, căpitanui vas sau ambii căpitani nu au supravieţuit pentru a-şi justifica/explica acţiunile; dovezile din camera motoarelor şi din camera de control se vor scufunda odată cu vasul dacă este atât de grav avariat; căpitanii ar putea refuza să explice; sau ar putea da explicaţii care să pară iraţional.

Din fericire, avem câteva mărturisiri scrise în studiile NTSB ce ne vor desluşi de ce vasele care nu aveau să se ciocnească pe timp de noapte, sau ziua în amiaza mare, au reuşit până la urmă să se ciocnească împotriva slabelor şanse. Dar mai întâi, da-ţi-mi voie să reamintesc una dintre concluziile din secţiunea anterioară, prin a reveni la John Gardenier. Într-un articol recent, acesta declară:

Marea majoritate a cazurilor de coliziune (numărând şi cel puţin un vas al Statelor Unite ale Americii) au avut loc în apele apropiate de ţărm, pe vreme bună având un pilot local la bord. Deseori, radarul nici nu este pornit. Dacă ar fi pornit, sistemul de alertare ar fi cu certitudine oprit sau ignorat datorită numărului mare de obiecte care au rute apropiate şi ajung în aria de detectare a pericolului. 47.

Noi încă examinăm unele coliziuni în ceaţă, pe mare cât şi în apele apropiate de ţărm, dar şi cu visibilitate redusă – evidenţa arată că sistemul tehnologic de siguranţă şi ajutor nu era folosit; sau dacă era folosit, erau nefolositoare, şi era chiar înşelătoare; sau nu erau necesare pentru că vremea era senină şi înţelegerile de trecere erau fie stabilite fie păreau nenecesare.

Când facem lucruri prosteşti în maşina noastră ocazional, avem o viziune a ceea ce se poate întâmpla căpitanilor de vase. De ce noi, ca şi conducători, sau căpitan de vas, luăm o hotărâre în loc să luăm alta, chiar şi atunci când suntem atenţi şi putem vedea clar? Nu ştiu aceste

răspunsuri, dar următorul material ne poate sugera că noi construim o lume previzibilă pentru că nu putem face faţă complexităţii lumii prezente, şi procesăm informaţiile care se potrivesc lumii prevăzute, şi găsim răspunsuri pentru a exclude informaşia care ar pute-o contrazice. Interacţiuni neaşteptate sau improbabile sunt ignorate când realizăm/urmăm previziunile noastre. Cuplajele strânse inhibă de asemenea; nu putem interveni corespunzător pentru a preveni devenirea incidentelor în accidente. Operatorii TMI au realizat asemenea limitări ale realităţii. În ultimul capitol vom examina unele studii din psihologie care încearcă să explice acest fenomen. Aici doar vom prezenta unele dovezile vremelnice şi circumstanţiale care s-au găsit.

A se observa că nu se spune. Lipsa atenţiei este uneori luată ca factorul major în producerea coliziunilor. Într-adevăr, aceasta pare să fie cauza conform votului marinarilor. Dar în unele cazuri de coliziuni, cel puţin, echipajul era foarte atent. În altele, se pune întrebarea: de ce au creat o realitate în care puteau fi atenţi? Nu cred că lipsa de experienţă sau „prostia" este o explicaţie adecvată; căpitanii din aceste coliziuni erau experimentaţi, şi desigur, au navigat probabil ani fără a produce o coliziune. Căpitanii de vase nu au cum să fie „proşti"; de fapt, poate puţini oameni pe oricare drum al vieţii lor pot primi un astfel de apelativ. Nici măcar atributul de „asumare de risc" nu ne ajută. Nu este deloc emoţionant să schimbi brusc direcţia spre tribord – înspre alt vas când ar fi putut întoarce spre babord. Ca şi conducători de autovehicule, la un moment dat am fi putut admite că ne-am asumat riscuri inutile; dar ceea ce ne spunem nouă înşine, şi celorlalţi este: „Nu ştiu de ce anume; a fost prostesc, o prostie din partea mea". În general, nu ne asumăm risuri inutile pentru că este emoţionant. În final, nu putem exclude oboseala/surmenajul, sau ameţeala (provocată de alcool). Ambele există. Dar niciuna nu este menţionată în rapoartele de accidente, şi ceea ce este şi mai important, din experienţa mea ca şi şofer, schior, marinar, şi alpinist, ştiu că fac lucruri inexplicabile când nu sunt nici obosit, nici ameţit. Aşadar, în concluzie, argumentez faptul că o lume prevăzută, cât timp necesită multe întrebări şi lasă multe lucruri neexplicate, cel puţin provoacă explicaţiile uşoare cum ar fi prostia, neatenţia, asumarea riscului şi inexperienţa.

Unele coliziuni explicate

Într-o frumoasă noapte de octombrie 1978, în Portul

Chesapeake, două vase se observă vizual şi pe radar. La bordul unuia dintre ele, un cutter de antrenament al Gărzii de Coastă Cuzohoga, căpitanul a observat celălalt vas în faţa sa ca un punct mic pe radar, şi vizual a observat două lumini, indicând că navighează în aceeaşi direcţie ca şi propriul vas. A crezut că putea fi un vas de pescuit. Primul coleg a văzut luminile, dar a spus că sunt trei, şi a estimat (corect) că era un vas care se îndrepta către ei. El nu avea nicio responsabilitate să informeze pe căpitan, dar nici nu a crezut că ar fi de real folos, sau că ar trebui. Din moment ce ambele vase se mişcau unul către celălalt cu viteză mare, căpitanul a decis că trebuie să fie un vas foarte încet de pescuit pe care îl va devansa rapid. Aceasta a reasigurat interpretarea sa greşită. Supraveghetorul ştia că era căpitanul conştient de prezenţa vasului, aşa că nu a mai comentat când vasele se apropiau şi păreau că sunt aproape de o coliziune. Din moment ce ambele vase circulau cu viteza maximă, momentul de ciocnire se apropia. Celălalt vas, un vas mare cu înărcături, nu a stabilit nicio legătură de la punte-la-punte, pentru că trecerea era o rutină. Dar în ultimul moment, căpitanul vasului Cuyahoga a realizat că dacă va depăşi acel presupus vas de pescuit, pe care presupunea că era pe un curs aproape paralel, ar fi limitat capacitatea acelui vas de a întoarce întrucât ambele se-ndreptau către râul Potomac. Astfel, a ordonat o întoarcere către port. Această manevră a poziţionat vasul său direct pe ruta de venire a unui feribot ce se apropia, care a şi lovit cuterul. Au dispărul unsprezece paznici de coastă.

După cum cele mai multe accidente primesc investigaşii ample, o mulţime de imperfecţiuni şi greşeli au fost descoperite şi în acest accident. Căpitanul avea miopie şi nu purta ochelari de vedere, şi avea astmă complicat de infecţia aspergilară, care i-ar fi cauzat vizibilităşii. Cu toate că este experimentat, niciodată nu a primit recomandarea instrucţia/antrenamentul de acostare/de a trage la ţărm, a operat inspecţiile Gărzii de Coastă ce au evidenţiat că are un vas cu echipaj sub numărul normal, dar muncit peste normă. Un monitor secundar aproape de staţia căpitanului ar fi putut evita accidentul, deşi mă îndoiesc, este datorat instalării acestuia în doar cinci zile (era singurul cuter din Garda de Coastă fără un asemenea echipaj). Căpitanul vasului d încărcătură nu a folosit fluierul cu cinci bătăi de urgenţă la semnul iniţial de pericol, ci doar o bătaie ambiguă de atenţionare; căitanul credea că el era cel „privilegiat", şi celălalt era „încăcat" conform

regulilor de navigaţie, dar greşea din punctul de vedere al cercetărilor Gărzii de Coastă. Pierderea de vieţi omeneşti putea fi redusă dacă două uşi închise ermetic nu ar fi fost deschise în seara călduroasă de toamnă şi dacă îmbrăcămintea şi alte echipamente ale personalului ar fi fost bine depozitate.

Toate sunt adevărate. Aceasta este lista pe care oricare o va găsi în fiecare investigaţie atentă a unui accident. S-ar putea găsi liste şi mai mari pentru toate acele apeluri nereuşite care nu s-au încheiat în accidente, şi pentru toate operaţiunile de rutină. Omitetul Britanic de Investigaţii are dreptul să le citeze, din moment ce orice vigilenţă activată este folositoare. Dar ce mă uimeşte pe mine în legătură u acest eveniment, este cât de bine exemplifică modalitatea simplă prin care putem construi o interpretare a unei situaţii ambigue, cât de uşor procesă informaţia nouă în lumia acelei interpretări – făcând astfel situaţia reală după aşteptările noastre – şi, când suntem distraşi spre alte activităţi, facem corectări „de ultimul minut" care se potrivesc cu realitatea privată pe care nimeni nu o va împărtăşi.

Mai mult decât atât, sunt interesante de notat două evenimente minore care au conspirat pentru a preveni o nouă construcţie de la realizare. Din moment ce supraveghetorul ştia că şi căpiţenul a văzut luminile, ar fi fost redundant (şi în afara structurii autoritare) să spună, „Hei, nu observi că acel vas vine spre noi?" Mai târziu, pe măsură ce coliziunea se apropia, supraveghetorul şi alţi marinari discutau despre situaţia respectivă şi au decis că poate vasul care se apropia să fie iar raportat. Dar în acel moment căpitanul l-a observat şi a folosit fluierul. Aşadar nu era niciun sens să anunţe căpitanul de ceva care era evident. Dar ei încă nu ştiau dacă el a înţeles că vasul se apropia de ei; astfel, ei nu au contrazis părerea căpitanului. Din astfel de evenimente triviale se pot realiza accidentele.

De ce un vas pe o rută de trecere sigură ar întoarce brusc şi străpuns apoi de un vas de transport de patru ori mărimea sa? Confruntat cu semnale ambigue, cea mai sigura realitate a fost construită. În cazul maritim prezentat mai sus – realitatea presupusă că celălalt vas nu era pe o rută de coliziune frontală. Că acest accident nu era o ciudăţenie sau o noutatea fost un fapt atestat de un martor expert la audienţe, un căpitan cu peste 20 de ani de experienţă în acele ape. Notele din raport atelă „că a fost martor la evenimente ocazionale în care alte vase au realizat din scurt şi neaşteptate deverse manevre,

schimbând astfel situaţi corecte şi sigure în situaţii ale hazardului", „dosarele de cazuri abundă în cazuri de coliziuni în care unul din cele două vase a realizat o manevrcă neaşteptată, producând astfel, o o coliziune negândită. 48. Altceva decât miopia, sau, după cum s-a iniţiat un atac de către curtea-marţială împotriva căpitanului de echipaj exprimat într-o manieră specifică apelor avocaţilor drept „riscarea neglijentă a unui vas" pare să fie prezentă aici, precum şi în alte cazuri de nave angajate în curs de coliziune fără urmări.

Figura 6.7 arată traseele a doua nave pe cale să treacă una pe lângă cealaltă fără incidente, cu toate astea, amândouă au executat întoarceri bruşte, care au dus la o coliziune cu efecte financiare majore (6.8 milioane de dolari). La prima vedere, am fi tentaţi să spunem că piloţii au fost nebuni. Accidentul a fost cauzat de erori umane, dar o analiză mai amănunţită va arăta cât de omenește e a greşi pe râul Mississippi. *Pisces* se deplasa în aval, iar *Trade Master* în amonte. Amândouă erau nave mici, lungi de 200 de metri şi respectiv 24.000 şi 33.000 tone deadweight. Una căra bauxită, iar cealaltă petrol. Încă de dinainte de a se vedea, stabiliseră o întâlnire babord – la – babord. În vreme ce *Trade Master* cotea, pilotul ei a văzut că urma să se intersecteze cu un remorcher şi sarcina lui. Cum asta l-ar fi adus în partea de la babord a râului, a trimis un mesaj către *Pisces* şi barca dintre ele pentru a face aranjamentele; *Pisces* a fost de acord cu o întâlnire tribord – la – tribord.

Însă, un membru al echipajului de pe *Pisces* a văzut în cadranul pupa – tribord un remorcher pe punctul de a-i depăşi (aceasta este posibil prima eroare de relatare; ofiţerul de cart a văzut ceva, dar ulterior nimeni nu a putut identifica prezenţa remorcherului, deşi e posibil ca el să fi fost acolo). *Pisces* depăşise în prealabil unul, apoi încetinise din cauza unui vas defect, a fost depăşit de remorcher, după care l-a depăşit din nou. Pilotul a presupus că acesta era acelaşi. Nu a încercat să ia legătura cu remorcherul folosind radio – telefonul, întrucât căpitanul acestuia semnalase tăcere radio (mai târziu, a explicat că nu oprise aparatul, ci doar redusese volumul din cauza pălăvrăgelii. Aceasta a fost altă mică greşeală care ar fi putut să prevină o coliziune de 6.8 milioane de dolari). În realitate, chiar dacă exista un remorcher în cadranul pupa – tribord, nu era cel depăşit de *Pisces* şi care redusese volumul la staţia radio; acesta a fost identificat mai târziu ca fiind trei sferturi de milă în spate. Totuşi este rezonabilă

aprecierea ca *Pisces* să fi fost din nou depăşit, fără să poată apela remorcherul. Remorcherele cu tot cu sarcină reprezintă obiecte lungi şi nemanevrabile, în jurul cărora este greu de navigat.

Pilotul vasului *Pisces* a apreciat că dacă rămâne la babord pentru a păstra întâlnirea tribord – la tribord cu *Trade Master*, s-ar fi ciocnit cu remorcherul care-l depăşea, şi în plus ar fi fost suficient de aproape de barjele ancorate pe malul râului pentru ca acestea să fie desprinse de siaj, cum e posibil să se întâmple pe râuri (construindu-şi o realitate – care putea să fie corectă sau nu – a acţionat pe baza ei, şi nu în mod nerezonabil, întrucât înţelegerile de intersectare puteau fi modificate). Aşa că a suflat în fluier şi a anunţat la radio o trecere babord – la – babord în locul celei la tribord, cârmind brusc la dreapta (tribord) în acelaşi timp. *Trade Master* a văzut manevra, dar neauzind nici fluierul, nici transmisia, a considerat că este vorba de o manevră greşită care ar fi fost corectată imediat (aici avem a doua construcţie a realităţii: celălalt a făcut o greşeală şi o va corecta). *Trade Master* nu a cârmit la dreapta întrucât a considerat că *Pisces* va reveni la cursul iniţial, iar o asemenea manevră ar fi dus la o coliziune. Când *Pisces* a continuat să cârmească la dreapta, *Trade Master* a încercat să o apeleze, dar a primit în schimb un mesaj trunchiat, probabil de pe un alt vas.

În acest moment, cele două vase erau la mai puţin de jumătate de milă distanţă, şi urmau să intre în coliziune într-un minut şi jumătate. Pilotul vasului *Trade Master* nu a cârmit la dreapta, cum ar fi trebuit pentru a evita coliziunea, ci la stânga, întrucât s-a temut să nu lovească remorcherul din spatele lui *Pisces*, sau barjele de pe ţărmul opus (ambele ar fi fost de preferat coliziunii cu *Pisces*, dar a crezut ca poate să o evite pe aceasta). Aşa că a cârmit brusc, sperând să evite o coliziune cu *Pisces* şi să lovească ţărmul nisipos din apropiere (canalul navigabil avea mai puţin de jumătate de milă în punctul acesta. Cap la cap, ambelevase ar fi ocupat jumătate din el). *Pisces* a cârmit şi mai brusc şi a redus turaţia motoarelor pentru a evita impactul în plin. *Pisces* a lovit cu prova partea din faţă a lui *Trade Master*. Nimeni nu a fost rănit.

În urma deciziei cu privire la bărcile din calea lor, amândouă hotărându-se să evite remorcherul, ambele bărci au intrat în coliziune. Bănuiesc, deşi nu vom şti niciodată, că dacă ambele bărci ar fi încercat în ultimul moment să rişte să lovească remorcherul şi să treacă

aproape de barjele de pe mal, tot ar fi intrat în coliziune, doar că pe partea cealaltă a lui *Trade Master*. Dacă doar unul dintre ele ar fi decis acest lucru, accidentul ar fi putut fi evitat. Dar, în termeni de probabilitate, o decizie stânga – dreapta sau dreapta – stânga (evitarea accidentului) nu ar fi fost mai plauzibilă decât una dreapta – dreapta sau stânga – stânga (cea realizată). În termeni de acceptare a unei versiuni a lumii, decizia sigură era mult mai puțin probabil să fie îmbrățișată; unul dintre ei ar fi trebuit să-și fi schimbe viziunea asupra remorcherului. Direcția urmată de ei a fost cea mai „economică" și „consistentă".

Comisia de investigare arată că *Pisces* ar fi avut mult mai puțin de temut din partea remorcherului și a barjelor decât de pe urma modificării unui aranjament prestabilit. Asta este adevărat, dar doar dacă presupunem că ar fi fost vorba de alegerea dintre două accidente; este irelevant dacă *Pisces* a crezut că șansele unui accident ar fi fost mai mici dacă cârmea brusc pentru a evita cealaltă navă. *Pisces* nu știa că celălalt vas nu auzise modificarea aranjamentului, și ar fi cotit și el brusc. Același lucru s-a întâmplat și cu *Trade Master*; s-a temut să nu intre în coliziune cu remorcherul misterios și a considerat că poate să evite *Pisces*. Din nefericire, *Pisces* a continuat să cârmească. Astfel, putem vedea accidentul ca pe o construcție eronată a realității, „explicând" astfel acest eveniment aparent irațional.

NTSB prezintă alte câteva detalii din care putem învăța. Astfel, atrage atenția asupra faptului că *Trade Master* nu a redus viteza atunci când pilotul ei a văzut *Pisces* cârmind pe neașteptate; nici *Pisces* nu a redus viteza când a prevăzut pericolul. Astfel, niciunul dintre piloți nu a dat dovadă de prudență. Într-adevăr, prudența nu este întâlnită prea des în marină. Comisia consideră *Pisces* vinovată și pentru cârmirea inițială la dreapta după ce a fost stabilit un aranjament de intersectare diferit, spunând astfel că ar fi trebuit să țină cont de remorcher și de barjele ancorate.

Însă comisia dă în special vina pe condiția frecvenței radio în momentul accidentului. Aceasta este o chestiune despre care s-a mai discutat înainte: consecințele neanticipate ale noilor dispozitive de siguranță. Conform cerințelor, toate navele trebuie să fie echipate cu radio – telefoane pe care să le folosească în trecere, întrucât ar trebui să reducă accidentele. Din nefericire, spune comisia, odată cu dispozitivele radio a apărut un nou set de probleme: remorcherele și le

ţin pe ale lor la putere maximă (în ciuda regulamentului), blocând aparatele din jur, pe vasele mari acestea fiind în general aparate slabe, portabile. Mai mult, remorcherele, dar şi alte vase abuzează de canalul de urgenţă punând muzică, angajându-se în discuţii inutile sau înjurând. Un pilot care era pe râu la momentul accidentului a remarcat că limbajul murdar folosit era incredibil. În partea inferioară a râului Mississippi, limbajul obscen pare să fie o specialitate; patru vase asociate în coliziune au consemnat folosirea de rutină a canalului de urgenţă în acest scop, sau pentru a pune muzică country. Din cauza reducerilor de buget, Nici Comisia Federală pentru Comunicaţii, nici paza de coastă (cele două împart responsabilităţile poliţieneşti) nu au putut să facă prea multe pentru a stăvili abuzul. Patru coliziuni recente, soldate cu şaisprezece morţi, o sută de răniţi şi pierderea a peste douăsprezece milioane de dolari au fost asociate cu abuzul canalului de emisie, remarcă NTSB. Aparent, viaţa pe Mississippi are nevoie de distragerile oferite de muzică, bârfă şi înjurături. Probabil că echipamentul ar fi mult mai uşor de schimbat decât cultura.

Pe 6 mai, 1981, *Lash Atlantico*, un transportor de containere sub pavilion american, lung de 250 de metri şi având 30.000 tone deadweight naviga spre sud în atlantic, de la Kitty Hawk, iar *Hellenic Carrier*, un cargobot grecesc pe jumătate cât ea, naviga spre nord. Dimineaţa devreme se lăsase o ceaţă intermitentă. *Lash* a văzut-o pe *Hellenic* pe radar la câteva mile şi a considerat că se află la babord (stânga). Nu se ştie de ce a fost făcută această greşeală. Ecranul radar putea fi greşit aliniat; prezintă o linie care marchează traseul propriei nave, aceasta putând fi suficient deplasată cât să arate pe *Hellenic* în stânga ei, în loc de dreapta. *Lash* a estimat că vor trece una de cealaltă având mai bine de o milă distanţă între ele. Şi *Hellenic* a văzut cealaltă navă pe radar, dar a estimat în mod corect că aceasta se afla la tribord, iar intersecţia s-ar fi petrecut cu 1 – 2 mile distanţă între vapoare.

Când navele s-au apropiat, niciuna nu a redus viteza, crezând că totul este în regulă. S-a lăsat ceaţa. *Lash* a cârmit la dreapta pentru a creşte distanţa, sau aşa a crezut echipajul. Poate din nefericire, căpitanul lui *Hellenic* a observat manevra bruscă pe radar şi a ordonat o cârmire bruscă la stânga, la doar un minut înainte de coliziune. Nu se ştie dacă ar fi făcut vreo diferenţă că o lua la stânga, la dreapta sau nu făcea nimic.

Căpitanul lui *Elenic* a ordonat abandonarea navei, iar căpitanul

lui *Lash*, care a fost mai uşor avariată, a chemat ajutor folosind sistemul de comunicaţie prin satelit, întrucât atât antena principală cât şi cea de urgenţă au fost distruse în impact. Datorită comunicării prin satelit, ajutorul a sosit prompt şi nu s-au pierdut vieţi omeneşti. Pagubele, incluzând curăţarea petrolului de pe plaje, au ajuns la 8.5 milioane de dolari.

Comisia de siguranţă a venit cu lista obişnuită de critici şi recomandări: navigare prea rapidă pe timp de ceaţă (dar nave dotate cu radar, Loran, etc. ar trebui să fie în stare de acest lucru), nepunerea în funcţiune a sirenelor de ceaţă pe *Hellenic* (dar nici cele de pe *Lash* nu au fost auzite de *Hellenic*), necalcularea (closest point of approach}, o operaţie complicată şi laborioasă care ar fi luat în calcul mişcarea relativă a fiecărei nave (dar nu era nevoie de acest lucru, întrucât niciuna dintre nave nu a suspectat vreun pericol în cazul unei intersecţii de rutină până în ultimul moment), nestabilirea unei înţelegeri de intersectare folosind radio – telefoanele VHF-FM (acest lucru nu este obligatoriu pe mare, în ciuda eforturilor Pazei de Coastă de a convinge comunitatea internaţională d transport). Aceste lucruri ar fi ajutat, dar din nou, întâlnirea a fost considerată ca fiind de rutină.

Există indicii cum că echipajul de pe *Lash* ar fi umblat la dispozitivul de înregistrare al cursului după incident, iar căpitanul nu a dat un motiv convingător pentru nefuncţionarea ambelor radare, unul cu raza de trei mile şi celălalt cu raza de şase mile. *Lash* nu a folosit radioul întrucât căpitanul ar fi trebuit să abandoneze punctul de observare pentru prea mult timp, dar *Hellenic* nici măcar nu şi-l pornise pe al ei. Ca de obicei, avem de-a face cu obişnuita încurcătură de „şi dacă…". Însă, ceea ce este important la acest incident, în care navele ar fi trecut una pe lângă cealaltă prin ceaţă fără nicio problemă dacă una dintre ele nu ar fi cârmit pentru a o lovi în plin pe cealaltă, este opinia iniţială, sau construcţia realităţii, în acest caz împărtăşită de către căpitan şi de secund. După ce au presupus că nava cealaltă era în partea stângă, orice pas efectuat pentru a evita coliziunea a înrăutăţit lucrurile. Ajutorul tehnologic era prezent; el era irelevant, sau nu a fost folosit pentru că nu părea să existe niciun pericol. E adevărat că ceaţa era foarte densă, dar acest lucru este foarte întâlnit pe mare.

Ultimul exemplu implică două nave ciocnite pe râul Mississippi după o ceaţă de şapte zile care tocmai începea să se ridice. Ceaţa era

impenetrabilă până la 10 metri de la nivelul solului, atmosfera fiind limpede mai sus. *Keytrader*, care naviga pe râu în jos, când a văzut-o pe *Baune* pe radar, a presupus că aceasta ridica ancora în dreapta lor. Astfel, ei au apelat cealaltă navă şi au fluierat pentru o trecere tribord – la – tribord (o trecere babord – la – babord este practica obişnuită, şi care ar fi fost decizia corectă în acest caz, întrucât *Baune* se afla pe partea opusă a râului). *Baune* tocmai trecuse de la radioul portabil la cel al navei, întrucât pilotul urma să fie înlocuit, avea aparatul setat la volum mic şi nu a auzit apelul. Nici fluierele nu au fost auzite deoarece vântul crea ceea ce se numeşte „zonă umbrită" în faţa lui *Keytrader*, sunetele fiind puternic estompate. *Baune* nu avea pe nimeni de cart la prova, întrucât nu se aştepta la trafic din amonte, fiind membră a unei înţelegeri neoficiale între diversele asociaţii de piloţi şi puncte de control (da, în anumite zone ale râului existând chiar şi semafoare) de a naviga numai în susul râului până la ridicarea ceţii; pilotul de pe *Keytrader*, însă, era un pilot federal şi nu avea cunoştinţă despre această decizie.

Odată ce navele şi-au putut vedea superstructurile, tot era dificil să-şi aprecieze reciproc poziţiile relative şi cursul, întrucât nu puteau să vadă malul, ci doar catargele şi superstructurile navelor ancorate. *Keztrader* se deplasa cu o viteză de 20 noduri, dar doar 7 noduri în apă, despre care spune că era viteza minimă pentru manevrare. Totuşi, comisia de investigare (compusă din Paza de Coastă şi NTSB) a mustrat-o pentru viteză prea mare. Comisia a mustrat şi pe *Baune* pentru că nu avea un om de cart la prova, dar cu o ceaţă de 10 metri înălţime nu se ştie dacă acesta ar fi văzut ceva; puntea este mult mai sus. Astfel, în total, o mulţime de mici erori şi circumstanţe speciale au făcut ca ambele nave să fie complet surprinse una de poziţia celeilalte. Din fericire, navele nu au eşuat lângă docuri sau rezervoare. Însă, cum *Keztrader* era încărcată cu benzină, aceasta s-a aprins şi a înconjurat-o pe *Baune*, în josul râului, cu flăcări înalte de cinci metri, care au dus la moartea a şaisprezece oameni şi rănirea altor trei; incendiul a durat cincizeci de ore.

Sisteme mari

Deşi optzeci la sută dintre accidentele navale sunt cauzate de erori umane, în general viteza excesivă pe vreme rea sau greşeli de navigaţie, vapoarele nu sunt scutite nici de erori provenite din design sau din funcţionarea echipamentelor. Un vapor este un sistem destul

de complicat, după cum demonstrează câteva accidente. Următorul exemplu, ultimul accident naval pe care-l vom prezenta, ilustrează eşuarea petrolierului *SS Transhuron* în Marea Arabiei în 1974 şi indică această complexitate. Dar, cel mai important, ne dă o imagine a tuturor sistemelor cu care o navă aflată în larg este conectată: compania aflată în New York, guvernul indian şi navele care treceau. În acest punct suntem mai puţin interesaţi de complexitatea şi îmbinarea ca explicaţie a accidentului (deşi acest lucru este evident), decât de modul în care legăturile succesive cu sisteme din ce în ce mai mari, şi care au contribuit cu propriile lor erori. Voi folosi ca referinţă un raport de pagube maritime al Comisiei Naţionale de Siguranţă a Transporturilor, completat de interviul telefonic cu compania operatoare, care a fost de mare ajutor.

Când *Transhuron* a fost recondiţionat, a fost instalat un sistem de condiţionare a aerului, acesta fiind plasat direct sub panoul de comandă al sistemului de propulsie. Acest fapt nu a cauzat niciun comentariu din partea inspectorului de la Paza de coastă, întrucât, deşi nu trebuie să existe ţevi „în vecinătatea" acestui panou, între ele se afla un perete de oţel, iar ţevile duceau la un condensator aflat în preajmă.

După instalare, inginerii au descoperit că au nevoie de valvă pentru deviaţie, astfel încât să poată folosi sistemul de apă în cazul în care pompa de răcire trebuia reparată. Unul dintre cadrane, montat pe capul de bronz al condensatorului, era susţinut de niplă din oţel, iar diferenţa dintre metale a dus la coroziune. Din nefericire, când unitatea a fost curăţată câţiva ani mai târziu, această adăugire obscură a fost neglijată. Pe mare, ea a cedat şi a stropit panoul sistemului de propulsie printr-o deschizătură în punte, scurtcircuitându-l. Cum prin sistem treceau în acel moment 2300 V şi 1.000 A, scurtcircuitul a condus la un incendiu de proporţii. Echipajul nu a reuşit să deconecteze un alt sistem de la panou, acesta căzând şi el.

Echipajul a încercat două metode de a închide sistemul, dar ambele au eşuat din cauza arcurilor electrice şi a scurtcircuitelor; nu au încercat metoda recomandată cu stricteţe de către comisia de investigare, cu toată siguranţa privirii retrospective (asta ne aminteşte de operatorii nefericiţi de la Three Miles Island şi de siguranţa membrilor pro – industrie din cadrul Comisiei Prezidenţiale, care au argumentat că accidentul a fost cauzat de o greşeală a operatorilor). *Transhuron* a încercat să pornească sistemele de stingere a incendiilor

(bazate pe dioxid de carbon), dar acestea nu au funcţionat. Focul a fost stăvilit cu extinctoarele portabile.

După ce incendiul a fost în sfârşit stins, căpitanul a trimis un mesaj urgent la sediul din New York al companiei, solicitând un remorcher, întrucât nava, lipsită de propulsie, plutea în derivă pe Marea Arabiei. Mesajul a fost trimis folosind cea mai apropiată staţie de releu, Radio Cochin în India. Nu a fost primit niciun răspuns, aşa că a mai trimis un mesaj după şase ore, şi din nou după trei ore şi încă o dată după încă şapte ore. În dimineaţa următoare, la treizeci de ore după primul apel, *Transhuron* a transmis că plutesc în derivă printre valuri înalte de 3 metri, furtuni frecvente, la 23 mile de o insulă şi operând numai pe baza generatorului de urgenţă. Atunci, în dimineaţa zilei de 25 septembrie, operatorul postului radio din Cochin le-a comunicat că staţia lui nu recunoaşte mesajele de urgenţă; toate mesajele erau transmise în ordinea primirii, iar cele care începeau cu „urgent" erau şterse (sic!).

Compania a răspuns în sfârşit la treizeci şi una de ore de la primul mesaj, după aproape o zi şi jumătate. Primiseră cel puţin două mesaje, întrucât al doilea care fusese transmis de pe navă conţinea detalii despre accident, menţionând cum condensatorul explodase în dreptul îmbinării şi dând o listă a tuturor sistemelor distruse. Totuşi, compania operatoare, Corporaţia Hudson Waterways din Manhattan nu a fost mişcată. „Transmiteţi în continuare poziţia", au telegrafiat ei. „Se pot face reparaţii de urgenţă? Foc cauzat de apa sărată, condensator? A explodat panoul de control? A ars panoul de control, şi pentru cât timp…" şi tot aşa, pentru a termina cu „Răspundeţi imediat şi începeţi mesajul cu Urgent". Nu au spus nimic despre trimiterea unui remorcher, şi nici despre dificultăţi legate de trimiterea unuia; dacă ar fi făcut aşa, căpitanul ar fi cerut ajutor de la o navă care trecea.

Ne putem imagina ce a vrut să răspundă căpitanul la acest interogatoriu ingineresc, pe valuri de 3 metri, rafale puternice, fără propulsie şi plutind în derivă spre o insulă. Totuşi, răspunsul lui a fost temperat: „FCC Bombay nu îmi permite să trimit mesaje de urgenţă. Poziţia… Al cincilea mesaj de la accident. Cerem ajutor". Între timp, nave care treceau pe acolo au oferit asistenţă, dar căpitanul a preferat să aştepte un remorcher trimis de acasă, o decizie nefericită dacă luăm în calcul situaţia în care se afla. În sfârşit, a trimis un mesaj către Hudson Waterways un mesaj prin care spunea că dacă nu primeşte

imediat un răspuns, va „acţiona pe cont propriu". Din nou, este curios faptul că a avut nevoie de autorizare pentru asta. Conform politicii companiei, ca şi a majorităţii celorlalte companii dacă nu toate, căpitanul este cel care comandă, el putând să facă ceea ce trebuie pentru a garanta siguranţa navei şi a echipajului (bineînţeles, va trebui să răspundă pentru decizia lui mai târziu). Acest mesaj a fost trimis la ora 8 dimineaţa, pe 26 septembrie. La ora 11 a lansat semnalul de pericol.

Semnalul a fost primit de cincisprezece vapoare, dar cel mai apropiat se afla la 110 mile. Nava a mai trimis un mesaj către Manhattan, cerând detalii despre recifele din sudul Insulei Kiltan, pentru a putea să ancoreze. Trecuseră pe lângă Insula Chetlat, iar acestea două erau singurele insule în câteva sute de mile. După cum a menţionat compania mai târziu, trecuseră peste un punct de ancorare lângă Insula Chetlat, dar din nefericire nu lăsaseră ancora suficient de mult în apă. *Transhuron* a mai trimis un semnal de pericol, şi mai urgent, acesta fiind recepţionat de un vas aflat la 45 mile distanţă.

Totuşi, nimic nu este sigur pe mare. Acest vapor, *SS Toshima Maru*, s-a pregătit să-i remorcheze, s-a apropiat şi a lansat un cablu, dar acesta a nu a ajuns. După asta, *Toshima Maru* a transmis că al treilea ofiţer fusese rănit când cablul fusese lansat şi se duceau la cel mai apropiat port pentru spitalizare. Căpitanul lui *Transhuron* intrase probabil în panică în acest moment; se aflau la mai puţin de două mile de o insulă cu recife şi stânci, plutind spre ea. A implorat-o pe *Toshima Maru* să-i remorcheze măcar pentru o milă, ca să nu lovească insula. *Toshima Maru* a refuzat. *Transhuron* a cerut să-i tragă măcar pentru jumătate de milă, întrucât erau în joc vieţile a treizeci şi cinci de oameni. După o întârziere de poate cincisprezece minute, *Toshima Maru* a răspuns că acceptă, numai că tunul pentru lansarea cablului fusese distrus, deci *Transhuron* trebuiau să arunce propriul lor cablu. Pe când echipajul muta tunul la pupa, vasul a lovit fundul. Au lăsat ancora de la babord şi au transmis celuilalt vapor să vină mai aproape. Dar *Transhuron* nu a rezistat în faţa talazurilor şi a început să ia apă, iar încărcătura, constând în petrol pentru Marina Filipineză a început să curgă.

Căpitanul a dat echipajului de ales: să încerce să ajungă la ţărm, sau pe *Toshima Maru*. Au ales varianta dintâi, din cauza condiţiei mării, în ciuda faptului că insula părea nelocuită. *Toshima Maru* a plecat.

Peste o oră şi douăzeci de minute, două bărci au fost lăsate la apă şi tot echipajul, mai puţin căpitanul şi patru ofiţeri, a plecat. Aceştia au încercat să ia din nou contact cu compania operatoare via Cochin, dar fără noroc. În dimineaţa următoare, au trimis încă un mesaj, cerând salvarea şi „repatrierea" echipajului de pe ce părea a fi o insulă nelocuită. După cum a aflat mai târziu căpitanul, insula nu era nelocuită; echipajul era în siguranţă, dar sub arest şi pe cale de a fi transportaţi de o navă indiană către Cochin.

În după – amiaza aceea, la trei zile şi jumătate de la incendiu, Căpitanul a primit un mesaj de la Hudson Waterways, prin care menţionau că „fac tot ce e posibil": „remorcherul *Challanger* va pleca din Bombay vineri dimineaţa devreme şi va ajunge la poziţia voastră în patruzeci şi opt de ore echipat cu tot ce trebuie. Trimiteţi poziţia la fiecare 12 ore. Niciun alt remorcher disponibil din Singapore până în Golful Persic. Vom asigura remorcarea cât mai prompt cu putinţă". Acest efort ar fi însemnat ajungerea remorcherului în încă două zile şi jumătate. Dar compania nu ştia că vasul eşuase atunci când trimisese mesajul.

În timpul acesta, o navă a flotei indiene abordat *Transhuronul* pentru a face o inspecţie subacvatică; totul era pierdut: vaporul avea o crăpătură ireparabilă de-a lungul întregii chile. Din motive pe care nu le pot înţelege (care probabil au legătură cu chestiuni legate de asigurare şi recuperare, sau alte probleme judiciare), căpitanul şi cei patru ofiţeri au rămas la bord. În ziua următoare, remorcherul a ajuns şi el, deşi căpitanul transmisese către Manhattan oprirea lui. Generatorul de urgenţă rămăsese fără combustibil, iar *Transhuron* începea să se ducă către ape mai adânci. Ofiţerii s-au pregătit să abandoneze vasul… Asta însemna folosirea unei bărci cu „propulsie manuală" deoarece, cu precauţiile necesare, echipajul încercase pornirea uneia dintre bărcile cu motor înainte de a eşua; una dintre garniturile pompei plesnise, iar barca era de nefolosit. Talazurile ajunseseră la 4 – 5 metri.

Lansarea unor bărci de salvare pe timp de furtună (adică momentul când este cel mai des nevoie de ele) este dificilă, după cum arată mai multe relatări ale unor accidente maritime. Chiar şi bărcile circulare complet închise care se folosesc pe platformele de foraj, deşi sunt echipate cu toate dispozitivele de siguranţă imaginate, se pot răsturna, ducând la moartea lucrătorilor (optsprezece, într-unul dintre

cazurile tragice). Plutele gonflabile pot să nu se umfle complet, sau chiar şi în cazul acesta să fie duse de valuri, sau să cadă peste înotătorii care le aşteptă, rănindu-i. Într-un caz tragic din 1969, echipajul unui vas de război încerca să lase la apă o barcă de salvare când o bombă de 1.000 kilograme a explodat. „Tunul Mobil" a căzut în barcă, rupând-o în două.

Transhuron avea un dispozitiv sofisticat de lansare a bărcilor, un Echipament de Eliberare Rottmer, care ar fi permis coborârea şi ridicarea bărcii pe talazuri, împiedicând eliberarea prematură, cât şi eliberarea ambelor capete în acelaşi timp. Operatorul radio a desfăcut elementul de prindere de la pupa, dar marinarul de la prova nu a avut succes. Datorită unui val mai mare, barca a ajuns în poziţie verticală şi s-a lovit de parapet. Conform Comisiei Maritime, procedura standard este ca ambele capete ale bărcii să fie eliberate simultan de la o manetă aflată la mijloc. Pe o mare cu talazuri, acoperită cu petrol, acest lucru este dificil, dar nu imposibil. Nu ştim de ce căpitanul şi ofiţerii nu au încercat, sau chiar dacă vreunul dintre cei patru se afla în partea din mijloc a bărcii de 6 metri lungime. Când a revenit din poziţia verticală, elementul de prindere a fost rupt, iar barca a fost eliberată. Marinarii au reuşit să o ducă departe de vas, iar o barcă cu motor de pe remorcher i-a salvat

Dar la bord mai rămăsese primul inginer asistent, care coborâse barca şi ar fi trebuit să li se alăture celorlalţi patru. Se dusese după un topor pentru a elibera elementul de prindere din faţă, şi tăia sfoara în momentul când acesta s-a desprins. Barca a fost aproape imediat prea departe pentru a ajunge la ea, aşa că a mers pe puntea superioară şi a lansat pluta gonflabilă, aruncând containerul ei peste bord. Când acesta a ajuns în apă, a tras de cablul care ancora pluta de vas, pentru a acţiona cilindrul de umflare. Acesta a funcţionat, dar cablul s-a rupt şi pluta, cu toate caracteristicile unui balon, a fost dusă de vânt, plecând fără el. Fabricat de către Compania de Paraşute Switlik din Trenton, New Jersey, cablul trebuia să reziste unei tracţiuni de 1500 kilograme dar, după cum sumbru observă Comisia Maritimă, „au fost primite rapoarte despre cabluri găsite tăiate atunci când plutele sunt desfăcute pentru reparaţii".

Inginerul a fugit la prova, unde marea era cel mai puţin îmbibată cu petrol şi barca venită de pe remorcher a reuşit să se apropie la 10 metri, a sărit peste bord şi a fost salvat. Ofiţerii şi marinarii care

plecaseră pe insulă au fost ţinuţi de guvernul indian în Cochin pentru trei săptămâni, sub arest la domiciliu, după care au fost repatriaţi. Guvernul indian a extras uleiul rămas pe vapor pentru a preveni agravarea contaminării.

Acest accident, sau mai degrabă serie de accidente, prezintă: o serie de erori de design (localizarea cadranului, materialele folosite), o eroare de procedură (indicatorul şi nipla nu au fost reparate) eroarea de operare din faza iniţială a accidentului (avariile ar fi fost mai mici – chiar dacă nu cu mult – dacă energia către puntea de control ar fi fost oprită imediat), nefuncţionarea echipamentului (sistemul de stingere cu bioxid de carbon), eroarea de operare ulterioară (căpitanul nu a cerut ajutor mai curând de la vasele care treceau; operatorii din Manhattan nu au răspuns prompt şi nu l-au informat pe căpitan de dificultăţile întâlnite în obţinerea unui remorcher, deşi pentru asta au trebuit probabil să obţină aprobarea Departamentului American al Comerţului, care deţinea şi folosea nava în scopuri de-ale Marinei). Eşuările încercărilor de salvare au fost şi ele mai multe: rănirea ofiţerului de la bordul lui *Toshima Maru*, întârzierile apărute în mutarea tunului de pe *Transhuron*, problemele apărute la barca de salvare şi la pluta gonflabilă, şi tot aşa. Această poveste este deosebit de valoroasă, întrucât putem observa gama largă de sisteme care interacţionează cu vaporul: operatorii din Manhattan, staţia radio şi guvernul indian, problema cu ajutorul din partea remorcherului, navele în trecere şi insulele plasate nefast. În mod obişnuit, niciuna dintre aceste probleme nu ar fi prea importantă; doar când acţionează împreună, într-o situaţie unică, putem vorbi de un accident. Din fericire, nu a fost unul serios: nu s-au pierdut vieţi, iar pierderea navei nu va produce o gaură semnificativă în buzunarul proprietarului, acesta fiind Departamentul American al Comerţului.

Concluzii

Pe cât de complicate sunt centralele nucleare şi uzinele chimice, complexitatea stă în echipamente şi în interfaţa om – maşină. Poate că nu înţelegem funcţionarea super – răcitoarelor, dar ştim că sunt acolo şi că trebuie să meargă când este nevoie de ele. În cazul sistemelor din avioane şi de pe piste, permitem tot mai mult mediului să intre, ceea ce complică lucrurile. Limitele de operare ale aerului pot reprezenta o problemă, la fel ca norii de furtună, vârtejurile şi furtunile de zăpadă care scad vizibilitatea. Mai există şi alte sisteme în aer sau pe piste.

Două agenţii guvernamentale sunt interesate de transportul aerian, în vreme ce doar una de centralele nucleare (industria chimică are câteva, dar impactul este minim). În cazul capitolului cu accidentele maritime, am întâlnit un sistem şi mai complex, care are nevoie de o analiză mai amănunţită. Vasul în sine, cu propria centrală electrică, amestecurile explozive, aparatele de navigaţie şi curenţii din canalele puţin adânci sunt importante, dar aşa sunt şi celelalte vapoare, industria asigurărilor, industria fragmentată a transporturilor, încercările de reglare, regulile de traseu, încărcăturile periculoase, geloziile şi interesele naţionale şi, bineînţeles, problemele grave de mediu, cum ar fi ceaţa, gheaţa şi furtunile.

Transportul maritim este un sistem care creează erori, siguranţa crescută şi eficienţa fiind împinse pe plan secund de interconexiunile „perverse". Îmbunătăţirile tehnologice au crescut randamentul, dar probabil că au crescut şi frecvenţa accidentelor; o navă dotată cu radar poate să navigheze cu viteză mai mare; două nave cu radar au o şansă mai mare de coliziune. Echivalentul CDTI (Cockpit Display of Traffic Information: Afişaj din Carlingă pentru Informaţiile despre Trafic), care va fi în curând instalat în avioane, există deja în transportul maritim şi este folositor doar într-un număr mic de cazuri, câteodată fiind contraproductiv. Cu alte cuvinte, în ciuda echipamentului sofisticat, căpitanii încă mai cârmesc în ultimul moment, ciocnindu-se. Ipoteza noastră a fost că ei construiesc modele perfect rezonabile ale realităţii, care funcţionează în cea mai mare parte a timpului dar câteodată se dovedesc a fi practic opuse situaţiei actuale. Scara autorităţii la bordul unei nave, deşi funcţionează în mod normal, se poate dovedi nepotrivită pentru nave şi situaţii complexe. Însă, toate astea par să fie susţinute de către industria de transport şi industria asigurărilor, care au nevoie să dea vina pe ceva aproape la fel de mult pe cât au nevoie să crească numărul de accidente. Acest fapt este explicat şi de conceptul de „îmbunătăţire tehnologică", care se traduce prin „dă-i şefului mai multă informaţie, mai precis şi mai rapid".

În Europa, observă Michael Gaffney, imperativul tehnologic a fost temperat de imperativele sociale. Căpitanul şi echipajul sunt antrenaţi să lucreze în echipă, acest lucru fiind reflectat şi în designul tehnologic; un cârmaci sau un om de cart poate să îl contrazică pe căpitan sau pe secund, dacă este necesar, toţi membrii echipajului

împărtăşesc modele lor mintale, precum şi responsabilitatea. Am văzut asta ca primul semn al unei excepţii de la un sistem care creează erori. Deocamdată este un început nesemnificativ, dar ar putea ajuta în descâlcirea unui sistem autodistructiv de interconexiuni.

În capitolul următor, ne vom concentra asupra unei lumi mult mai prozaice, ferm ancorată în baraje, cutremure, mine şi lacuri. Reducerea elementelor relevante din sistem este substanţială. Mineritul are câteva dintre caracteristicile de a crea erori pe care le-am întâlnit şi la transportul maritim, dar acestea pot fi corectate mult mai uşor. Vom întâlni erori de organizare, cum este cazul tragicului accident de la Barajul Teton, dar nu va fi nevoie de vreo analiză tehnologică complexă pentru o eroare atât de frecventă. Doar în cazul lacurilor şi al cutremurelor vom simţi nevoia să extindem sistemul, dar acesta va fi unul interesant, introducând noţiunea de accidente ale eco-sistemului; aceasta poate deveni un lucru înfricoşător, mai ales când vom ajunge la studiul recombinării ADN-ului în capitolul 8.

CAPITOLUL VII
SISTEME DE GRANIŢA ALE PLANETEI: BARAJE, CUTREMURE, MINE ŞI LACURI

În acest capitol vom face referire la mişcarea de mari cantităţi de pământ sau apă, făcute fie ele în mod deliberat sau accidental. Modalitatea sistematică de producere a acestora este primitivă, comparativ cu cea din uzinele de energie nucleară şi cele chimice, şi sunt puţine interacţiuni neanticipate cu privire la mine şi efectiv niciunele referitor la baraje.

Atunci de ce să fim îngrijoraţi de aceste sisteme? În primul rând, este util să deţinem diferite opinii contrastante referitoare la aceste sisteme complexe, foarte fin legate între ele, pentru a explica şi a ilustra importanţa conceptelor noastre fundamentale. Barajele au un potenţial catastrofal, o chestiune de interes pentru noi, însă prăbuşirile acestora nu sunt accidente ale sistemului. Sistemul în sine este fragil, dar foarte linear. Aceasta înseamnă că este o activitate relaţionată cu moartea, dar accidentele sunt acelea banale, ce aparţin unui mare sistem liniar care nu are nicio legătură cu pierderea asocierilor. Accidentele în ambele sisteme ar putea fi uşor reduse; combinaţia fatală între complexitate şi strânsa asociere nu este prezentă.

În al doilea rând, există două subiecte de discuţie care au

derivat din celelalte sisteme şi care necesită o explicaţie mai amănunţită: eşecurile organizaţionale şi greşelile nefireşti de administraţie. Dezastrul Barajului Teton nu a fost atât o greşeală de inginerie cât mai ales una organizaţională. Este un subiect care va prezenta un interes crescând în rândurile acestei cărţi, precum şi studiul acestui caz în linii mari, de asemenea. Greşeala nefirească de operare este în mod flagrant aparentă în sens industrial, şi discuţia noastră succintă cu privire la aceasta va ridica dubii în legătură cu investigarea accidentului şi siguranţa programelor în întreaga lume industrială. În al treilea rând, în ciuda caracteristicii lineare a acestor sisteme, există ocazia producerii de accidente în cadrul sistemelor când acestea sunt legate cu alte sisteme în diverse moduri. Cutremurele de pământ îşi au originea nu numai din „neastâmpărul pământului", aşa cum afirmă Nigel Calder, dar din neoboseala oamenilor care gândesc la un nivel minim într-o ecologie ce se află clar la un nivel superior. Cu câteva baraje, o expansiune neaşteptată a graniţelor sistemului creează ceea ce noi vom numi un accident „eco-sistem", un concept la fel de relevant pentru problema răspândirii deşeurilor toxice ca şi pentru cutremurele de pământ. De asemenea, este singura cale de a explica un exemplu bizar, evaporarea unui lac de întinderi considerabile în doar câteva ore.

BARAJELE

Marele Teton

Când a început construcţia Marelui Baraj Teton în 1972, au fost foarte puţine motive de îngrijorare în legătură cu siguranţa lui. A fost construit de Oficiul de Renovare, unul dintre cele 8 agenţii federale care proiectează baraje, neexistând vreo eroare a digurilor construite de fiecare dintre aceste agenţii. De fapt, eşecurile în proiectarea digurilor sunt destul de rare, şi catastrofale, sau chiar consecinţele serioase sunt mult mai rare. Un studiu a arătat, potrivit informaţiilor din baza de date a U.S.A., că exista o singură şansă din 10.000 ca să se producă o prăbuşire a vreunui dig în decursul anilor; au fost identificate doar 12 prăbuşiri de baraje în Statele Unite ale Americii între anii 1940 şi 1972, în jur de una la un interval de doi ani şi jumătate, multe dintre ele fiind minore. De obicei, cele mai dese prăbuşiri au loc în primul an de punere în funcţiune, într-adevăr, atunci când barajul a fost umplut pentru prima dată; jumătate din prăbuşiri au loc în primii cinci ani. Un alt studiu realizat asupra

digurilor construite după perioada anilor ’60 în Statele Unite ale Americii a arătat că doar 30 nu au rezistat, câte unul la fiecare doi ani, sau mai puţin de 2 % în întreaga perioadă. Micile baraje construite din grija municipalităţilor şi a asociaţiilor industriale, în general cu un potenţial scăzut în ceea ce priveşte riscul, sunt mult mai predispuse către prăbuşiri. Nu ar trebui să uităm micul baraj industrial care a distrus întreaga comunitate Buffalo Creek din Virginia de Vest în 1972. Fascinantul film classic de factură sociologică „*Totul în direcţia lui*”, de Kai Erikson, redă povestea istoriei acestei comunităţi, dezastrul, şi încercarea disperată a supravieţuitorilor să-şi refacă vieţile în contextul în care reţeaua socială a comunităţii lor fusese distrusă. Nu fără semnificaţii, Erikson şi-a cules informaţiile necesare în timp ce ajuta la pregătirea unui proces împotriva companiei de exploatare minieră, ce conţinea un amplu avertisment asupra pericolului pe care îl creaseră; procesul a fost un succes.

În partea de est a Idaho, există o câmpie cu o densitate scăzută a populaţiei, locuită de fermieri şi străbătută de râul Snake. Acolo exista de mult timp un interes pentru construirea unui baraj într-o trecătoare din munţi, pentru a controla debitul crescut primăvara şi pentru a iriga pământul pe parcursul verii toride. Ca urmare a unei clime aspre, zona a fost declarată zonă de secetă acută în vara anului 1961, ca mai apoi, şase luni mai târziu, în 1962, să fie declarată zonă calamitată, de inundaţie. Anul următor, Oficiul de Renovare a propus construcţia unui baraj. Un an mai târziu, un proiect de lege a trecut de votul Congresului fără nicio opoziţie. Digul urma să fie amplasat pe un afluent al râului Snake, şi urma să fie, de asemenea, o structură la suprafaţă înaltă de 310 picioare şi cu o lungime de 60 % din lungimea unei mile, formând un întins lac de 17 mile lungime într-un canion de 22 mile lungime. Includea, de asemenea, şi o centrală hidroelectrică. O declaraţie cu un puternic impact asupra mediului înconjurător care să răspundă tuturor iniţiativelor a fost solicitată printr-o lege votată în 1969, când una din aceste iniţiative s-a referit la construcţia unui baraj în 1971, ridicându-se obiecţii referitoare la mediu, dar nu s-a pus problema în ceea ce priveşte o eroare.

Construcţia a început devreme în 1972. În Decembrie acelaşi an, un grup de geologi de la Institutul de Cercetare Geologică U.S.A. au început să lucreze în zonă şi s-au arătat îngrijoraţi de rezistenţa digului în momentul în care au realizat că zona era activă din punct de vedere

seismic, şi de aceea avuseseră loc numeroase mişcări de pământ. Unul dintre geologi a întocmit un memorandum încercând să-şi alerteze superiorii de la Institutul de Geologie precum şi autorităţile din cadrul Oficiului de Renovare de pericolul existent. Memorandumul solicita insistent ca Oficiul să fie informat cât de repede posibil „negreşit în cel puţin o lună sau două" (ceea ce este foarte repede în asemenea cercuri), că pot avea loc mişcări de pământ distructive în zona respectivă. De fapt, fuseseră deja 5 cutremure la mai puţin de 30 de mile de locul unde era amplasat digul în ultimii cinci ani, notaseră ei, iar două dintre ele de intensităţi considerabile. Ei voiau de asemenea, să reamintească Oficiului că existau dovezi potrivit cărora lacurile de acumulare provoacă, de fapt, cutremure.

De exemplu, în 1935, râul Colorado a fost îndiguit, fiind creat marele lac de acumulare numit Lacul Mead. În următorii zece ani, 6.000 mii de cutremure de magnitudini reduse s-au produs acolo unde anterior fusese o zonă liberă de activitate vulcanică. Rocile din stratul inferior – de fapt, un strat subţire în termini geologici, raportându-ne la proporţie – au fost acoperite cu 10 metri cubi de apă. Dereglări mai violente s-au produs când a fost construit digul Kariba din Africa, între anii 1963 – 1966. Când barajul Koyna din India a fost umplut cu apă, s-a produs un violent cutremur de pământ care a spart practic zidul şi a omorât 177 de oameni care locuiau în apropiere.

Geologii au fost suficient de alarmaţi ca să noteze la sfârşitul alcătuirii memorandumului lor că o eventuală prăbuşire ar produce o inundaţie de proporţii.

În plus, ei notau satiric: „De vreme ce o asemenea inundaţie poate fi anticipată, trebuie să luăm în calcul utilizarea unor serii de aparate de fotografiat, strategic amplasate, pentru a nedocumenta referitor la procesul acesta de inundare catastrofală".

Memorandumul iniţial a fost revizuit şi extins la 17 pagini, detaliând problema şi concluzionând cu faptul că observaţiile lor şi alte dovezi „poartă cu sine posibila siguranţă „a digului propus şi că ar trebui să fie disponibil cât de curând posibil. Dar autorităţile de la biroul regional de cercetare din Denver şi sediul central de la Washington, D.C., au obiectat; era prea multă „emoţie „în acel memorandum. A fost revizuit în repetate rânduri. Membrii echipei au ajuns în final dezgustaţi de acest proces de reformulare repetată ca să primească criticile de la Denver şi Washington; într-adevăr, cum alte

informaţii veneau acolo, ei nu s-au oboist să-l reporteze din cauza dificultăţii pe care aceştia o aveau în a comunica ultimele avertismente.

Memorandumul a ajuns în final la Oficiul pentru Renovări şase luni mai târziu după prima revizuire. Până atunci, urgenţa a fost îngreunată de memorandumul scris cu atâta grijă. În timp ce toate faptele au rămas, implicaţiile aduse în discuţie erau blânde în măsura în care ele puteau făuri planuri: „Noi credem că observaţiile geologice şi seismice, deşi preliminare, se axează pe poziţia geologică a Proiectului Bazinului Teton".

Deşi nu există nicio dovadă în raportul Comisiei de la Casa Albă referitoare la acest lucru, cred că acţiunea Institutului de Cercetare (sau lipsa acestuia), este uşor îmbrăţişată, deşi este deplorabilă datorită riscurilor pe care le înfăţişează publicului.

Oficiul de Renovări cheltuise până la acel moment 4 575.000 $ pe planurile şi construcţia unui baraj într-un spot particular. O agenţie în mod normal nu ar fi înclinat către o alăturare şi o cooperare, spunând: „A fost făcută o greşeală. Patru milioane şi jumătate de dolari au fost irosiţi din această cauză. Găseşte alt spot, sau refă munca, chiar dacă ea te va costa dublu. „Agenţiile au un interes pe termen lung în parteneriate, şi nu vor face acuzaţii pripite ca aceasta. Nici nu era convenabil ca Oficiul să abandoneze uşor construcţia din asemenea motive. Chiar dacă erau mai multe cutremure, digul ar fi putut să şi reziste. Comisia de Reglementare a Energiei nu a ordonat o stopare în cadrul construcţiei uzinei nucleare Diablo Canyon după ce s-a descoperit că era la puţină distanţă de o gravă eroare. Era de asemenea foarte greu să refuzi o autorizaţie, deşi în final s-a produs, Corporaţiei Westinghouse să construiască o centrală nucleară în Taiwan într-o zonă care suferise numeroase cutremure de pământ (şi valuri mari, precum şi patru mari vulcani activi în apropiere). Câteva calcule de risc trebuie urmate, argumentarea pare să fie, sau nimic durabil nu va putea fi construit.

În iulie 1973, memorandumul revizuit a fost trimis Oficiului de Renovări. Aici se pare că nu a avut niciun impact. Un geolog al oficiului a discutat cu unul dintre autorii memorandumului, dar mai apoi chestiunea a fost abandonată. Un alt geolog aparţinând departamentului a dat la iveală poziţia agenţiei: el a făcut un comentariu cum că ar trebui să se aştepte la „critici constructive „din

partea memorandumului înaintat de către Oficiu. Raportul Comisiei de la Casa Albă referitor la această chestiune a dat publicităţii la iveală că avertismentul dat de către profesionişti, acela că digul nu este foarte sigur, a fost ignorat de către Oficiul care a construit barajul propriu-zis. Construcţia ar fi trebuit să fie amânată până când această chestiune s-ar fi rezolvat.

Dar în orice caz nu a fost vorba de un cutremur de pământ ceea ce a făcut digul să cedeze. A fost pe departe o cauză comună. Oficiul însuşi a ignorat propriile informaţii, că rocile din zonă erau pline de fisuri, şi în plus, au umplut barajul mult prea repede. Crăpăturile din roci au fost descoperite înainte de 1970 de către un geolog al Oficiului; acesta a fost îngrijorat, însă a concluzionat că cele mai largi fisuri măsurau doar 1.7 inci, ceea ce permitea umplerea lor cu ciment. Dar în 1973, când construcţia barajului se afla la jumătate (ceea ce este poate cel mai important moment), Oficiul a descoperit în partea dreaptă a digului crăpături foarte mari, suficiente cât pentru a intra un om înăuntru. Cantitatea de ciment utilizată în construcţie a fost de două ori mai mare decât cea estimată iniţial, marea majoritate fiind folosită în partea dreaptă, acolo unde erau crăpăturile. Este suficientă o singură fisură pentru a provoca brăbuşirea unui baraj, dacă prin acea crăpătură apa pătrunde în sol în interiorul pereţilor digului, transformându-l într-o mlaştină. Tencuirea nu este o ştiinţă exactă şi nu poate garanta că acoperă toate crăpăturile. Când acele fisuri au fost descoperite, încrederea în lucrările Oficiului a fost destrămată.

Chiar şi după ce digul s-a prăbuşit, oricum, Oficiul a făcut publică siguranţa lucrărilor sale. Comitetul Casei Albe s-a arătat neîncrezător în faţa acestei insistenţe a Oficiului de a asigura dexteritatea lucrărilor efectuate la dig. Dar acest lucru înseamnă că un zid de piatră care atrage neîncredere poate fi mai atractiv decât faptul că s-a comis o eroare din partea personalului specializat.

Noi avem astăzi avertismente în ceea ce priveşte cutremurele, inclusiv argumentele geologilor care afirmă că este necesară chiar şi o singură mişcare de pământ este suficientă pentru a transforma stânca şi solul într-o substanţă gelatinoasă, din cauza infiltraţiilor care există în straturi, precum şi avertismente în ceea ce priveşte existenţa a mări fisuri în care a fost pompat ciment la presiuni foarte mari, la adâncimi de 118.000 picioare. Unii ar putea gândi că acest lucru ar creşte perceperea riscurilor existente şi ar încuraja luarea unor măsuri de

prevenire pentru viitor. De fapt, faliile respective chiar au deranjat Oficiul; un memorandum a vorbit despre posibilele riscuri ale „fisurilor şi alte goluri din temelia digului în imediata apropiere a falezei". De asemenea, memorandumul a remarcat că şi infiltraţiile ar putea fi o altă problemă serioasă. Dar ei au mers înainte, umplând rezervorul la viteza standard care fusese stabilită iniţial.

Dar cinci luni mai târziu, pe când rezervorul se tot umplea cu apă, inginerul ce coordona proiectul construcţiei a cerut permisiunea de a-l umple *de două ori mai repede*. Erau aşteptate avalanşe, debite crescute, datorită căderilor masive de zăpadă din acea iarnă. Pe deasupra, inginerul a afirmat că acest lucru va constitui o şansă de a testa rezistenţa tencuielii (dar fără a da indicaţii în cazul în care testul ar fi eşuat în mod catastrofal), de a prevede mai rapid întreaga sa capacitate funcţională şi, în final de a estima eventualele beneficii. Ei au continuat să aibă inspecţii zilnice pentru a depista posibilele scurgeri şi au continuat să monitorizeze pânza freatică din izvoarele apropiate, care le-ar fi putut da indicii referitoare la concentraţii periculoase existente în zonă.

O lună mai târziu un proces verbal a arătat faptul că procesul de monitorizare a fost deficitar, precum şi ideea că toate condiţiile din substrat erau nefavorabile. Câteva dintre informaţiile din acest proces datau din ultimele şase luni, fiind relativ vechi, asta datorită condiţiilor de iarnă; trei dintre alte şaptesprezece puncte de monitorizare funcţionau şi ele prost. Dar cel mai important, cele care funcţionau au indicat că viteza de scurgere a apei din substrat era de 1.000 de ori peste ceea ce a fost anticipat iniţial. Ei au continuat, cu toate acestea, să umple rezervorul. Într-adevăr, ei au sporit viteza de scurgere cu *patru ori mai mult* decât era normal din motive recreative, de putere şi de testare.

Două luni după acest raport alarmant, pe 3 iunie 1976, două găuri au fost detectate în aval de baraj, şi o a treia chiar a doua zi. Inginerul proiectului, Mr. Robinson, a afirmat că nu are motive de îngrijorare; scurgerile erau normale, acestea fiind absolut naturale în cazul digurilor. Încă două au apărut în zilele imediat următoare, dar nu s-a ivit niciun motiv de îngrijorare în legătură cu acestea. Una dintre acestea se afla chiar la 132 metri sub vârful digului, unde stâlpul drept de sprijin există şi cum în zidul actualzona peşterilor-iar cealaltă adâncitură se afla dedesubtul primei, chiar la baza digului. Aceasta din

urmă avea un debit de 22.000 litri pe minut. O oră şi jumătate mai târziu, a apărut ultima gaură, în aceeaşi zonă. Pe măsură ce a crescut, a absorbit materialul din faleză prin intermediul unei găuri larg deschise. Echipajul specialiştilor a încercat să astupe spărtura, însă o vâltoare a crescut şi mai mare, şi chiar după ce echipajul şi-a abandonat echipamentul şi a plecat, aceasta a absorbit întregul echipament cu totul. Au fost transmise semnale de avertisment către toţi locuitorii care se aflau în calea digului. Mr. Robinson, îndată ce a luat asupra sa responsabilitatea de a gestiona situaţia, a afirmat în continuare că nu există motive de îngrijorare. Pe data de 5 iunie 1976, la orele 11.57 a.m., digul a cedat. Congresmanul Leo Ryan din California a fost cel care a condus comisia de investigaţie asupra acestui fapt şi a întocmit un raport. Iată cum a descris el ceea ce s-a întâmplat în cadrul anunţurilor date de comisie:

Uriaşul rezervor care acoperea 17 mile din partea de amonte a râului şi care deţinea 80 miliarde de litri de apă a explodat revărsându-se brusc şi distrugând întreaga zonă Idaho cu o forţă de neimaginat. A măturat totul în calea sa; a stricat pavajul de pe străzi; a smuls şinele de cale ferată, a luat pe sus case întregi şi le-a distrus de la temelie; a scos arbori din rădăcini şi a purtat cu sine mii de leşuri de animale.

La final, bilanţul celor morţi a ajuns la 11. Mii de alţi oameni au rămas fără adăposturi. Oraşe întregi au fost distruse – literar vorbind, au fost sfâşiate de forţa apelor – apoi acoperite cu tone de noroi, aluviuni şi moloz.

Mai mult de 100.000 de acri de teren aparţinând fermelor au fost distruşi şi 16.000 de vite au fost pierdute. Totalul pagubelor înregistrat la nivelul proprietăţilor şi a pierderilor de pământ a fost înregistrat a fi de peste 1 miliard $. Din fericire, existau încă avertismente de evacuare pentru alte zone, şi acest lucru s-a întâmplat în decursul zilei, pe lumină. Nu au fost camere de filmat care să fi înregistrat catastrofa, căci geologii interziseseră acest lucru cu obrăznicie chiar, însă câteva fotografii uluitoare făcute de turişti au făcut coperta revistelor.

O ştiinţă veche, dar inexactă

Vechii romani au construit baraje minunate care încă rezistă – dar dezavantajul acestora era că aveau mărimi mici. Noi astăzi avem multe experienţe în ceea ce priveşte digurile, inclusive unul de

mărimea pe care o avea Tetonul. Două aspecte sunt până acum relevante: nu luăm în serios construcţia barajelor, astfel încât să impunem ca obligatoriu o inspectare adecvată şi proiectări serioase; şi nu ştim chiar atât de multe până la urmă despre felul în care ar trebui construite acestea. Comisia condusă de Ryan a notat că toate recomandările făcute în ceea ce priveşte o supraveghere atentă a construcţiei digurilor nu a trecut niciodată de Oficiul de Management şi Finanţări. În 1976 s-a estimat că în jur de 49.329 din barajele existente în Statele Unite, aproximativ „20.000 dintre acestea sunt în aşa fel situate astfel încât orice eşec sau eroare de operare ar putea avea efecte distructive asupra oamenilor – pierderi de vieţi omeneşti – şi ar putea provoca pagube materiale semnificative". (Noi avem foarte multă experienţă în legătură cu digurile şi prăbuşirile lor, totuşi, ceea ce indică faptul că avertismentele sunt deseori folositoare, limitând pierderea de vieţi omeneşti). Programele de siguranţă a barajelor sunt fie inadecvate, fie pur şi simplu nu există. Opt agenţii federale au construit baraje, însă doar trei dintre acestea au fost considerate a dispune de programele de siguranţă potrivite, cu toate că Biroul de Reclamaţie este, ironic, una dintre acestea trei.

Pe cât este de dorit să avem mai multe programe de inspecţie, nu este clar dacă acestea ar face mare diferenţă. Lecţiile sustrase din prăbuşirea barajului Teton sunt multe: în primul rând, liderii proiectului au refuzat foarte simplu să se gândească la posibilitatea că barajul ar ceda, chiar şi după propriile lor rapoarte de inspecţie, alarmante de altfel. Într-adevăr, la scurt timp după dezastru, Biroul a răspândit o publicitate prin care se dezvinovăţeau. În aceasta ei au întrebat, „Ar fi putut Biroul de Reclamaţii să prevină acest dezastru, cu toate informaţiile anterioare şi banii de care dispunea?", iar răspunsul la propria lor întrebare a fost, simplu, „Nimic".

Dacă oficialii au fost de-a dreptul încurcaţi de acest dezastru şi de cei 11 morţi, niciodată nu au arătat. Niciunul dintre ei nu şi-a pierdut slujba sau a fost dat în judecată.

În Europa viaţa nu este la fel de simplă pentru ingineri. Când digul Malpasset din Franţa a cedat (1959), inginerul-şef a fost acuzat legal de neglijenţă şi omucidere. O acuzaţie asemănătoare a fost lansată şi în Italia, când a avut loc acolo cel mai mare dezastru din istoria prăbuşirii barajelor.

S-a întâmplat pe 9 octombrie 1963, la digul Vaiont din Italia, un

dig de 875 picioare înălţime, de o inginerie remarcabilă, cu un larg arc, extraordinar. Când canioanele sunt deteriorate, părţile canionului aflate sub ape sunt predispose unui „lifting", deoarece apa face stâncile şi solul mai uşoare. Dacă există zone aflate în stare de latenţă în canion, liftingul poate reduce presiunea suficient cât să pericliteze echilibrul general. Acest lucru poate cauza o alunecare de teren, mai ales în sezonul ploilor îndelungate. La barajul Vaiont o alunecare de teren masivă a revărsat în rezervor suficient material cât să producă un val înalt de 330 m (peste o treime din însăşi înălţimea digului; este ca şi cum ai scăpa o minge de golf într-o ceaşcă de cafea). Valul s-a revărsat cu mult peste vârful barajului şi a omorât 3.000 de oameni în spaţiul îngust al canionului, precum şi în valea de lângă. Guvernul Italian, lucrând pe baza diverselor constatări tehnice, a susţinut că dezastrul era rezultatul direct al „ineficienţei birocratice, al zăpăcelii, reţinerii informaţiilor valoroase, al lipsei judecăţii şi evaluării, precum şi al lipsei serioase de consultare individuală şi colectivă". (Este o concluzie evocată de la congresul de cercetare pe marginea dezastrului Teton). Paisprezece ingineri au fost suspendaţi din funcţie şi anchetaţi pentru acuzaţia de omor din culpă, un eveniment spectaculos, lucru pe care nu cred că societatea americană l-a văzut vreodată.

Fireşte că întreaga clasă de ingineri şi geologi a fost alarmată de concluziile curţii. Era un fapt fără precedent. Sentinţa a fost invocată ca fiind prematură de către liberii profesionişti ulteriori. Unii afirmau că „Alunecarea nu ar fi putut fi posibil prevăzută de către nimeni în forma în care a avut loc de fapt. „Dar deşi forma alunecării nu ar fi putut fi estimată, posibilitatea de a exista eventuale alunecări de pe pereţii canionului a fost luată în calcul încă din timpul proiectării şi construcţiei barajului. O soartă similară ar putea sta şi la baza prăbuşirii unui alt dig, foarte îngust şi înalt, de data aceasta în Perú, la 250 kilometri în amonte de Lima, la Tăblăchaca. După ce a fost umplut, au fost descoperite urmele unei alunecări de teren datând din perioada preistorică, scurgându-se acum în interiorul digului cu o viteză de aproximativ un metru pe an în ultimii doi ani. O alunecare de teren masivă ar fi putut umple rezervorul în câteva secunde.

În cazul digului de la Tăblăchaca, guvernul Peruvian a fost prevenit şi a convocat experţii. Nu este o interacţiune misterioasă între dig şi pământul străvechi pe care acesta l-a răscolit. Multe dintre prăbuşirile de diguri nu mai reprezintă astăzi un mister. Chiar şi aşa,

odată ce o prăbuşire a avut loc, este o chestiune ce reprezintă motiv de dezbateri intense pe marginea a ceea ce s-a întâmplat. Acest lucru este real şi în cazul dezastrului de la digul Teton. Oare barajul s-a scufundat sau a plutit? Unii geologi au afirmat că digul nu a fost construit pe roca de bază ci pe un substrat fragil, pe o suprafaţă crăpată – care a relevantspune el, „o înţelegere greşită colosală asupra patternului diaclazei rocilor vulcanice şi o serioasă înţelegere greşită a sistemelor de filtrare a apei subterane", din partea geologilor aparţinând Biroului de Reclamaţie. Când digul a fost încărcat, este posibil ca acolo să fi fost unităţi compacte diferite. Doar scufundarea a câţiva centimetri ar exercita o presiune teribilă.

Un alt expert a învinovăţit, de asemenea Biroul, dar a avansat o altă teorie. Apa din subsolul digului construit a cauzat o presiune rezultată din abundenţa şi excesul ploilor care au căzut în Aprilie şi Mai; se pare că aceasta ar fi cauzat o anumită creştere a nivelului din rezervor, care urmărea o zonă de disecare de-a lungul contrafortului din zona dreaptă. Digul se pare că ar fi plutit sub influenţa presiunii.

Un experiment ingenios a testat cunoştinţele inginerilor geotehnici într-o menieră prozaică, banală, însă foarte practică – până la ce înălţime poţi construi o faleză până când aceasta să fie în pericol de a se prăbuşi? Rezultatele au demonstrat că rezultatele difereau între ei, fiind toţi deschişi oricărui tip de rezultate.

Inginerii geotehnici de la Institutul de Tehnologie din Massachusetts au făcut experimente în ceea ce priveşte stabilitatea solului pe care sunt construite fundaţiile, deoarece o oarecare şosea fusese proiectată pe un teren mlăştinos. Construcţia rutei a fost apoi abandonată, astfel ei având posibilitatea de a iniţia o testare pe marginea acestui subiect. Una din porţiunile falezei era înaltă de 38 de picioare, numeroase camere de monitorizat erau implantate acolo, iar nisipul şi pietrişul jucau rolul de pavaj. Inginerii au adăugat mai mult material pentru a umple faleza, pentru a vedea până la ce nivel aceasta ar rezista. În cele din urmă, aceasta a cedat, după ce materialul adiţional a crescut înălţimea falezei cu încă 18.7 picioare, ajungând în total la o înălţime de 56.6 picioare.

După aceste investigaţii, ei au oferit toate informaţiile relevante legate de structura solului, despre pavaj, materialul utilizat, diametru şi altele, unor experţi în număr de şapte, cerându-le să facă anumite estimări referitoare la cu cât ar trebui să crească faleza până la nivelul

de 38 de picioare pentru ca aceasta să se prăbuşească, şi de asemenea, le-au cerut să indice cât de relevante şi credibile erau previziunile lor. Cinci previziuni s-au dovedit a fi în mod substanţial mai jos de valoarea actuală, iar celelalte două peste valoarea actuală, cu o diferenţă ce varia între 8 şi 27 de picioare la măsurători (rată de veridicitate de 18.7 %). Mai mult, experţii ne-au dat nouă un răspuns la întrebarea: Care este cea mai mică şi cea mai mare înălţime la care faleza ar putea să cedeze pentru a fi chiar la valoarea de 50 de procente din timp? A rezultat că există o şansă de 50 – 50 ca valoarea actuală să se afle în acest şir de valori estimate de specialişti.

NIci măcar unul dintre cei 7 experţi nu s-au gândit că valoarea estimată la 18.7 de picioare ar putea avea o şansă de 50 – 50 să se încadreze în distribuţia calculată de ei; asta deoarece, toate interquartilele erau fie mai jos de cifrele actuale fie mai sus. Ei au avut de asemenea un nivel ridicat de credibilitate al rezultatelor date.

În altă ordine de idei, construcţia unui dig este o ştiinţă veche dar încă inexactă; chiar şi chestiunea prozaică a falezei, care există în toate ţările, pe tot continental, nu este înţeleasă corespunzător. Niciun fel de probleme politice, organizaţionale sau economice nu au complicat acest simplu test.

Barajele radioactive

Barajele, din nefericire, nu conţin doar apă; multe din cele aflate în Southwest depozitează resturi de substanţe radioactive (rămăşiţe de nisip şi pământ) din minele care au conţinut odinioară uranium, dintre care 15 % din acest uraniu a fost îndepărtat, lăsând însă în urmă cele 85 de procente în această mizerie. Au avut loc peste 15 scurgeri accidentale de reziduuri de mâl între anii 1959 – 1977, dintre care şapte din acestea s-au datorat prăbuşirii digurilor.

Pe 16 iunie 1979, unul dintre aceste diguri s-a spart la Church Rock, în New Mexico, eliberând atunci 93 de milioane de litri de lichid contaminat şi alte 1 100 tone de resturi solide. Materialele toxice au plutit apoi prin Rezervaţia Indiană, în Gallup, New Mexico, şi mai apoi au ajuns în Arizona, de unde apoi cantităţi din acestea au ajuns în final în lacul Mead, o sursă de aprovizionare cu apă pentru Southern California. Suprafaţa de contaminare a cuprins peste 100 de mile de-al lungul cursului râului, până dincolo de Church Rock. Însă câţiva experţi au dovedit în cadrul unei auziţii a unui congresfaptul că cealaltă parte a suprafeţelor contaminate se va extinde mai departe şi în cele din

urmă va contamina solul şi apa lacurilor. O parte din reziduuri s-a afundat la o adâncime de 30 de picioare în sol şi în cele din urmă este de aşteptat să pătrundă în straturile cele mai adânci.

Terminarea lucrărilor de curăţare pe care trebuiau să le realizeze Asociaţia pentru Energie Nucleară, cea care a construit şi digul, a fost demarată imediat, şi la data audierilor, la trei luni după explozie, 3.500 de tone de material au fost îndepărtate din primele zece mile de-a lungul cursului râului, de către lucrători care au utilizat lopeţi, găleţi şi 55 de litri de lichid special. (Bazinul era prea strâmt pentru un echipament de dimensiuni mari, iar compania a propus să se lărgească malul şi să se lase uscat, deoarece un echipament mai masiv ar fi fost prea scump). Oficialii companiei au afirmat că nu ar exista niciun fel de probleme de sănătate ca urmare a concentraţiilor semnificative de radiu.

Asociaţia pentru Energie Nucleară a declarat că această prăbuşire s-a datorat unei aflorimentări unice şi neaşteptate a rocilor, lucru ce a cauzat o sedimentare diferenţiată. Ei au afirmat de asemenea, că prăbuşirea nu s-a datorat unei spărturi anterioare în zid. Compania a declarat că, din nefericire, lichidul din interiorul barajului, „momentan a depăşit „nivelul nisipului de pe plajă şi ajuns la zidul digului; din cauza sedimentelor, acest lichid a cauzat eroziune internă, ceea ce a condus în final la prăbuşire.

Oricum, documentele deţinute de Corpul Inginerilor, o firmă independentă de inginerie chemată acolo la data accidentului, precum şi alte mărturii, spun o altă poveste, total diferită. Geologii companiei au emis avertismente în legătură cu problemele legate de durabilitatea temeliei solului şi necesitatea de a se continua investigările; compania a fost de acord ca acolo să se implementeze senzori, lucru pe care nu l-au făcut însă; arhitectul companiei a trebuit să cheme specialişti în rezistenţa structurii digului, dar nu au făcut nici aceasta; în 1977 au avut loc câteva crăpături şi ar fi trebuit să se emită avertismente în legătură cu acest fapt, însă Biroul Naţional de Inginerie nici măcar nu era informat, contrat înţelegerii făcute, iar digul nu avea încorporate toate sistemele de protecţie necesare pe care consultantul companiei de inginerie le-a recomandat. Nici nu se putea vorbi măcar de o anumită unitate specifică a materialului din care urma să fie construit digul. Un oficial al Comisiei pentru Controlul de Energie Nucleară adeclarat că acele crăpături au apărut în Ianuarie 1979, cu câteva luni

înainte de prăbuşire, dând numeroase avertismente şi motive de îngrijorare. Nu au fost construite zone de scurgere, deşi acestea fuseseră proiectate. Distanţa dintre înălţimea maximă a digului şi cea a lichidului se presupunea că ar fi trebuit să fie de 5 picioare, însă era de doar 20 de inci; barajul era încărcat cu 50 % peste capacitatea lui normală de depozitare. În procesul de curăţare au fost implicaţi doar 6 – 10 oameni cu lopeţi, iar asta s-a întâmplat doar în prima lună, până când statul a trimis o scrisoare în care se spunea: „Continuaţi cu asta". Acest lucru nu a fost un accident cauzat de natură; componentele s-au prăbuşit din cauza managementului depăşit şi ineficient, care includea implicit şi calculul riscurilor.

Producerea cutremurelor

Dezastrul prăbuşirii Marelui Teton a fost rezultatul unei grave erori de proiectare şi de construcţie. Dar a distruge o suprafaţă de pământ la scară largă este mereu un pic riscant, asta deoarece un sistem geologic şi geothermal este afectat. Dislocările pot duce la accidente de ordin natural mai repede decât toate prăbuşirile accidentale prevăzute în prealabil. Noi mergem din ce în ce mai mult spre mantaua subţire, cea care ne separă de miezul pământului, în goana noastră pentru a căuta minerale, apă, a săpa depozite de gunoi sau containere pentru materiale radioactive.

În acest proces, noi am creat cutremure în cele mai misterioase forme, mai mult decât prin intermediul umplerii bazinelor. Câteva dintre acestea merită o scurtă examinare. Exploziile nucleare din interiorul pământului au dus la formarea cutremurelor.

De exemplu, în 1968, în Nevada, o testare ce implica o explozie subterană a dat naştere la 30 de alte replica pe parcursul celor trei zile care au urmat. Aparent, s-a produs o greşeală veche. Replici minore au continuat apoi timp de săptămâni întregi.

Astfel de preocupări au dus la proteste în Canada şi Japonia legate de o serie de teste de natură nucleară, ce se realizau de-a lungul plăcii Pacificului. SUA a produs explozii în Insulele Aleutide, dar Canada şi Japonia şi-au arătat îngrijorarea deoarece placa se deplasa din Vancouver, Columbia aparţinând Marii Britanii, către Japonia. Din fericire, nu a avut loc nicio dislocare a plăcii.

Denver, Colorado, a suferit un cutremur uşor în aprilie 1963. A fost o adevărată surpriză, asta pentru că în acea zonă nu mai fuseseră cutremure de mai bine de 80 de ani.

Unele de intensităţi mai mici au continuat ani întregi apoi; unul dintre acestea, produs în 1967, a produs şi unele pagube neînsemnate în oraş. A reieşit că, de fapt, armata a fost cauza acestor cutremure.

Armata Arsenalului Rocky Mountain este la 10 mile depărtare de Denver. Aici se fabrică materiale toxice, cum ar fi benzina, şi încearcă să se debaraseze de marile cantităţi de apă contaminată. Pentru o perioadă, ei depozitau toate acestea în heleşteie, însă acest lucru a dus la moartea peştilor, a vitelor, precum şi a vietăţilor sălbatice. Aşa că au săpat un puţ, adânc de 2 mile, şi au adunat acolo toate mizeriile, la foarte mare presiune. La şase săptămâni s-a produs primul cutremur, după care au urmat replici aproape zilnice. Sursa cutremurului fusese depistată cu un an în urmă, însă firma a negat aceasta şi a continuat să pompeze deşeuri. Apa, aflată sub presiune mare, a forţat vechile crăpături din vechile roci să crească tot mai mult nivelul, iar acest lucru a permis rocilor, aflate sub presiunea mişcărilor tectonice, să alunece intermitent una peste alta. Chiar şi după ce acţiunea de pompare a încetat, pentru un timp, apa supusă presiunii a continuat să forţeze ieşirea prin acele crăpături. La aproximativ două săptămâni după ce firma a stopat practica, cutremurele au încetat şi ele la rândul lor.

Calamităţi de aceeaşi anvergură au avut loc şi în altă parte a statului, când o companie producătoare de ţiţei a pompat apă pentru a produce o creştere a erupţiei petrolului. Au apărut cutremure, dar au încetat şi acestea după ce fenomenul a fost stopat. Centrul Naţional pentru Cercetarea Cutremurelor a preluat o parte a zonei pentru a demara o serie de experimente. Când s-a pompat apă acolo, s-au produs cutremure, când au retras-o din ade locuri, au încetat şi cutremurele. Aceasta a dus la recomandarea ca acea parte a San Andrea, aflată accidental lângă San Francisco, să fie izolată şi supusă unor operaţii de experimentare. În fiecare operaţie, ei vor retrage mai întâi apa din două găuri perforate, a câte looo de yarzi adâncime fiecare, apoi vor forţa apa să intre într-un al treilea recipient, situate la mijlocul celorlalte două. Retragerea apei va bloca părţile finale ale celor două segmente, iar înserarea apei în cel din mijloc va duce la producerea de cutremure de intensităţi relativ mici, pe măsură ce presiunea a fost cea care a făcut ca rocile să alunece concomitent una dedesubtul celeilalte. Rezultatul s-ar concretiza în presiunea exercitată asupra reliefului de-a lungul acelei zone. De când placa Pacificului se

mută spre Nord cu aproximativ 2.5 inci pe an, cauzează o presiune extraordinară. În câteva locuri din apropiere de San Francisco rocile sunt la 13 picioare ieşite în afara ajustării normale. Însă lucrând ca şi cercetător pe spinarea pământului, omul de ştiinţă ar crea ajustări controlate de-a lungul acesteia, acolo unde stratele de roci trebuie să alunece unele sub altele. Din fericire, falia este închisă aici la suprafaţă, şi se pare că alunecă singură sub o adâncime de 12 mile.

Riscul este, bine-nţeles, acela de a nu cauza o ajustare minoră, ci una de-a dreptul catastrofală. Ar fi de preferat să se producă într-o zonă nepopulată mai întâi, dar chiar şi aşa, cine poate şti cum se va comporta falia San Andreas? Nu este posibil ca un cutremur de magnitudini mari să fie precipitat, unul care să nu se mai producă apoi secole întregi? Cât de multe ştim ni despre ceea ce se întâmplă sub noi, la mii de kilometric adâncime? Sunt puţine ocazii de a testa aceste mecanisme cum sunt umplerea sau golirea. De fapt, în marile întreprinderi cum ar fi digurile sau depozitarea de reziduuri nucleare, nu este posibilă testarea experimentală. Nu putem duce la bun sfârşit testări distructive ale marilor diguri şi baraje. Suntem chiar mai precauţi în a isca uragane, pornind de la ideea că apoi furtuna îşi va schimba cursul ori s-ar putea înrăutăţi. Poate pentru simplul motiv – o conştientizare a unor accidente ecosistemice neprevăzute, mai degrabă decât costurile economice – corecţia chiropractică nu a fost luată în considerare ani buni. Ne vom întoarce la problematica producerii accidentelor în cadrul ecosistemelor în cazul unui lac, şi apoi, mai în detaliu, pentru a concluziona ideile acestui capitol.

MINERITUL

Terenul subteran minat al Statelor Unite ale Americii este cu siguranţă unul periculos. Dar marea majoritate a accidentelor mortale se soldează cu moartea unei singure persoane; toate dintre acestea sunt victimele primare, în terminologia noastră. Mina, ca şi ecosistem, suferă rareori de accidente sistematice, din ceea ce rezultă din cercetările mele. Împreună cu absolvenţi de facultate am examinat dosarele tuturor accidentelor raportate guvernului Canadian, care este echivalentul OSHA, pe anul 1980, şi am consultat jurnalele şi statisticile OSHA în ceea ce priveşte siguranţa minelor pe teritoriul SUA. Ceea ce am găsit a fost: 1. O predispoziţie naturală către risc; 2. frecvente prăbuşiri ale sistemelor de instalaţii, explozia unor roci, precum şi greşeli de operare; 3. dezastre care puteau fi prevenite în

general şi care au avut avertismente serioase şi 4. doar câteva indicaţii ale posibilelor accidente provocate de alte sisteme.

În capitolul trei, mineritul este văzut mult mai complex decât pare. Argumentul pentru pierderea legăturilor este acela că atunci când se produc prăbuşiri de obicei este acolo un spaţiu pentru recuperare deoarece zonele afectate pot fi segregate; succesiunile alternative pot fi utilizate pentru o perioadă; există câteva resurse slabe, iar substituirile specifice pot fi făcute în multe cazuri. Nu este încă o pierdere a legăturilor sistemului cum sunt, de exemplu, cele din întreprinderi, agenţii guvernamentale sau universităţi. Acestea sunt procese care depind de timp, este o singură modalitate de a îndeplini anumite activităţi, iar natura locului fizic elimină uşor câteva verigi slabe în cadrul resurselor.

Procesul producerii în sine este linear – pierdere de material, susţinerea cupolei, înlocuirea materialului, care implică câteva transformări de procese, altele decât cele explozive. Însă aranjările pot crea interacţiuni neaşteptate, neplănuite şi invizibile, cu o răspândire mai mare în cadrul creşterii presiunii gazelor în reţeaua complexă a tunelurilor şi găurilor de ventilaţie. Câteva dintre acestea sunt probabil inevitabile; sunt pur şi simplu prea mulţi factori care interacţionează cei care pot anticipa unde se va forma următoarea încărcătură explozivă, precum şi unde va exploda aceasta; ce uşi vor sări în aer, formând căi neaşteptate pentru conducerea forţei de explozie şi a gazelor periculoase. Minele, apoi, împărăşesc câteva aspecte atât ale sistemelor lineare, cât şi ale celor complexe. Se pare că o parte din complexitatea lor este ireductibilă, deşi nu toată. O bună parte din relaţionarea strânsă s-a slăbit odată cu trecerea anilor, dar mai pot fi făcute multe referitor la acest lucru. Mai clar, pot fi făcute multe pentru a reduce riscul prăbuşirilor anumitor părţi şi unităţi; incidentele abundă în cadrul acestor sisteme, cu toate că rareori conduc la prăbuşiri de sisteme. În această discuţie referitoare la minerit doresc să demonstrez că activităţile ce sunt în mod firesc periculoase nu predispun neapărat la accidente în cadrul ecosistemelor. În această demonstraţie, vom învăţa de asemenea mai multe despre ceea ce trece drept „siguranţă” în cadrul cercetărilor făcute în SUA, cât şi despre răspândirea pe care o are fenomenul de „învinovăţire a victimei”.

Pericolele fireşti

Mineritul este cu siguranţă dificil şi periculos. Sunt utilizaţi explozibili. Tunelurile sunt săpate şi se pot prăbuşi uşor. Luminatul este slab; este efectiv imposibil să elimini umbrele adânci şi strălucitoare datorită cotiturilor şi a pieselor mari din cadrul echipamentelor ce ajută la deplasare. Comunicarea este dificilă, datorită zgomotului, precum şi a zonelor isolate din diverse părţi ale minei. Este greu de asemenea să se controleze procesul de ventilaţie; o mare cantitate de aer are nevoie să circule prin mină pentru a scoate la suprafaţă gazelle toxice şi explozive şi praful de cărbune din minele de cărbuni. Bate un vânt puternic continuu în marea majoritate a tunelurilor, tocmai pentru a scoate la suprafaţă aburii şi pulberea explozivă. Munca necesită piese mari care să ajute la deplasări, precum şi unelte foarte puternice. Se ajunge în spaţii foarte înguste, iar ieşirea din mină se face încet şi dificil.

Într-un asemenea cadru, prăbuşirile diverselor componente sunt frecvente. Privind la rapoartele referitoare la accidente, iese în evidenţă frecvenţa cu care rapoartele respective sunt încărcate cu greşite stări de urgenţă, maşini stricate, scheme greşite de avertizare, greşeli în ceea ce priveşte electricitatea, şi altele. Se pare că maşinile sunt în mod firesc predispouse spre deteriorare, sau, mai bine spus, sunt slab întreţinute şi forţate în cadrul acestui mediu. O greşeală frecventă aici este personalul utilizat. Nu ştim măsura în care salariaţii sunt prinşi în „greşeli forţate" prin intermediul cererii din cadrul schemelor de producţie sau a lungilor ture efectuate (sunt menţionate cam 11 ore), sau, de cealaltă parte, măsura în care există aici o cultură „macho" care furnizează recompense pentru graduri diferite de risc asumat. Sunt sigur de faptul că prima chestiune primează; asumarea unui risc, acest tip de cultură a dezvoltat probabil o da un sens la ceea ce înseamnă o activitate inumană, o viziune asupra acestei lumi care face posibil să existe o asemenea activitate. Dar indiferent de cauză, greşelile de operare, prilejuite sau întâmplătoare, acestea sunt obişnuite.

În sfârşit, este şi chestiunea greşelii evidente cauzate de mediu. Pur şi simplu nu este posibil să judeci când greşelile apar în cadrul boltelor sau a diferitelor locuri în tuneluri. Prăbuşirea rocilor din plafon sau în unele zone ale tunelurilor este o problemă obişnuită, însă exploziile rocilor, numite „care destresează", sunt mai teribile. Acestea apar atunci când rocile, care sunt inevitabil sub o presiune uriaşă în

interioarul scoarţei, au presiunea pe o singură parte care se poate modifica; presiunile din celelalte locuri cauzează practic exploziile. Este foarte dificil să prezici când se poate întâmpla acest lucru. Acest proces este uneori proiectat, sau plănuit, tocmai pentru a asigura o anumită siguranţă a zonei care va fi minată.

Pentru a avea o viziune mai clară asupra ratei accidentelor, iată aici câteva descrieri scurte dintr-un articol apărut într-un jurnal proiectat să arate că riscurile sunt ridicate în special pentru minerii neexperimentaţi. În primele şase luni ale anului 1979, cincizeci şi trei de persoane au fost ucise în activităţi de minerit (nu toate din ele fiind în subteran), iar articolul oferă câteva detalii referitoare la unele dintre aceste accidente. (Articolul arată că jumătate din cei decedaţi aveau mai puţin de un an de experienţă în domeniu, însă statisticile nu ne spun nimic despre rolul pe care îl are experienţa, de vreme ce noi nu ştim ponderea de bază – proporţia tuturor minerilor care sunt neexperimentaţi).

Considerând acest lucru ca fiind un exemplu tipic de greşeală de investigare în această industrie, putem învăţa lucruri referitoare nu doar la condiţiile de lucru, dar şi despre presupunerile de bază ale cercetătorilor şi rapoartelor făcute pe această temă.

Un angajat al unei mine de calcar din Texas era în tura lui de 11 ore, ce consta în a zdrobi cu lopata cariera de piatră ce se afla la o adâncime de patru picioare sub linia de transport. Materialul era aparent greu de îndepărtat din acea zonă, şi nu erau dispoziţii pentru a stopa acea zonă. Rapoartele făcute de cercetătorii MSHA au ajuns la concluzia că: „victima a alunecat sub centura de deplasare, în timp ce fugea din motive necunoscute". (Un motiv evident bine ştiut ar fi acela că, făcând acest lucru, era singura modalitate de a ţine materialele să nu se prăbuşească în locul unde ar fi putut afecta centura de deplasare – ceea ce era, până la urmă, munca lui). Lopata pe care o purta a rămas, se pare, prinsă între roata intermediară (un scripete care se rotea) şi centură, smucindu-l braţul şi trupul şi prinzându-l mâna şi braţul între scripete şi centură înainte ca acesta să-şi dea drumul. Când capul său a fost prins între scripeţi, gâtul şi gura i-au fost rupte.

Cauzele accidentului, potrivit raportului investigatorilor, au fost acelea că: „victima a fost târâtă într-o poziţie nesigură sub o centură rulantă, iar greşeala de management a fost aceea că trebuia verificată roata intermeniară şi punctul de strângere al scripetelui. Un alt factor

care a contribuit la acest dezastru a fost echipamentul slab utilizat, care a cauzat pierderi prin scurgeri". Este de amintit faptul că investigatorii au fost de acord că procesul de curăţare din jurul roţii a fost necesar datorită designului slab, şi că scripetele nu era păzit; însă ei tot insistă că muncitorul a fost prins acolo „din motive necunoscute". Este un incident minor, care s-ar fi putut întâmpla şi într-o altă întreprindere, însă ne oferă nouă câteva idei asupra a ceea ce înţeleg mulţi oameni când clasifică astfel de incidente ca fiind „greşeli de operare". Unii ar putea spune că aceasta a fost într-adevăr o „greşeală forţată", aşa cum le-am descrise noi în discuţia de TMI; dacă operatorul nu a ţinut zona scripetelui liberă, el fiind unul dintre principalii suspecţi, atunci ar fi cazul să-şi caute cât mai curând o altă slujbă.

MHSA a învinovăţit compania pentru indicaţii şi instructaje slabe în următorul accident. Investigaţiile au părut cu greu să merite efortul. Doi bărbaţi lucrau cu „găleţi de noroi", drenând o zonă după o explozie. Zona era nesigură; era postat chiar şi un mesaj de pericol. Bărbaţii trebuiau să târască găleţile într-un colţ apoi, ceea ce făcea ca munca să fie şi mai dificilă. Cu aproximativ douăzeci de minute înainte de accident, doi supervizori au vizitat zona, avertizând că o mare parte din plafon nu se mai putea susţine şi că ar exista pericolul să se prăbuşească. Aceştia au afirmat că le-au spus minerilor „să lucreze cu grijă, să nu folosească nicio scurtătură". Mai târziu le-au spus celor care investigau accidentul că nu erau îngrijoraţi în totalitate de producerea vreunui accident, deoarece le spuseseră minerilor să nu se apropie de zona nesusţinută prin intermediul căreia transportau găleţile. Dar găleţile au început să întârzie, aşa că unul dintre mineri a lovit brusc cablurile pentru a elibera găleţile. Opt tone de material s-au prăbuşit peste el. Ceea ce este interesant aici este reprezentat de apărarea supervizorilor: „I-am avertizat să lucreze cu grijă". Cercetătorii din cadrul Siguranţei şi Administraţiei minelor au fost probabil satisfăcuţi. Ei nu şi-au pus problema de ce compania are pe cineva care lucrează în toate zonele unde se ştie că porţiuni nesigure din plafon constituie pericole majore.

Un accident produs într-o carieră din Georgia ne aminteşte că în timp ce există o puternică industrializare peste tot, multă muncă este făcută încă prin intermediul lopeţilor şi a ciocanelor, iar acestea pot fi cu adevărat periculoase. Un bărbat mânuind un dispozitiv de oţel într-un bloc de piatră a fost ucis când dispozitivul s-a rupt şi o aşchie

din oţel i-a atins artera de la gât. „Accidentul a fost atribuit greşelii de mânuire necorespunzătoare a dispozitivului”, probabil una referitoare la aplicarea testării sonice după fiecare explozie! Cercetătorii MSHA au găsit de asemenea că dacă bărbatul ar fi balansat instrumentul stand în piciaore în vârful blocului de piatră, poziţia „adecvată”, mai bine decât de la bază, „el ar fi putut fi lovit de aşchiile de oţel în zone mai puţin vitale ale corpului”. Pe marginea acestor presupuneri de erori de operare sunt construite investigaţiile.

Următorul accident s-a petrecut într-o mină de uraniu din Wyoming. Un lucrător mergând cu o sondă pe umăr a fost doborât la pământ şi strivit de către un buldozer care dădea înapoi. Nivelul de sunet de obicei este foarte scăzut în mine când se lucrează cu utilaje grele. Operatorul nu a putut vedea în spate foarte bine deoarece o flacără uriaşă s-a declanşat atunci. Sistemul de alarmă din spate era defect. (Nu contează; cavernele răsună de sunetele alarmei oricum). Dar pentru investigatori, „cauza directă a fost greşeala victimei de a observa mişcarea buldozerului înainte ca aceasta să înceapă să se deplaseze”. Astfel, avem o altă certificată „eroare de operare”, cu o admonestare obişnuită către companie să ţină echipamentul de lucru în bună funcţionare.

Un alt accident datorat unei erori de operare s-a petrecut în cadrul unei spărturi din substratul argilos din New York. Sarcina victimei era să urmărească o ladă atunci când aceasta se umplea şi să semnaleze acest lucru. Aceasta era prevăzută şi cu un sistem automat de indicare a nivelului, dar era considerat mai puţin solid decât a avea pe cineva care să urmărească coşul şi să semnaleze. Transportorul s-a oprit la semnalul automat în loc să se oprească la semnalul observatorului, aşa că cineva s-a dus să vadă ce I s-a întâmplat observatorului. Articolul menţionează:

Se crede că victima a păşit peste material, acesta prăbuşindu-se peste el datorită vidului creat sau a planşeului, el continuând să fie acoperit de molozul care curgea continuu din vârful containerului.

Dar principala cauză a accidentului, a fost se pare, potrivit investigaţiilor făcute de MSHA, intrarea observatorului în buncăr fără o centură de siguranţă şi fără a se asigura că este cineva în preajma lui, în cazul în care s-ar fi putut produce o prăbuşire ce ar fi blocat sistemul. De asemenea, cercetătorii au spus că printre ceilalţi factori care au contribuit la accident s-ar număra şi greşeala muncitorului de a nu-şi

anunţa şeful de intenţiile sale, precum şi proasta organizare managerială ce ar fi trebuit să asigure training salariaţilor şi o supraveghere adecvată.

Nu se ştie din ce cauză muncitorul s-a apropiat de maşinărie, dar este posibil să fi trebuit să rezolve o problemă tehnică. Chiar şi ideea că o centură de siguranţă l-ar fi ajutat este de altfel discutabilă. În jur nu erau şi alţi muncitori pe care să-i strige sau la care să se poată uita, după cum notează raportul; ideea de a închide transportorul pentru ceea ce ar fi putut constitui o greşeală minoră s-ar fi soldat cu critici aspre. Nimeni nu poate şti sigur; poate muncitorul a făcut pur şi simplu doar un lucru stupid. Se întâmplă şi cu marea majoritate dintre noi. Dar încă odată trebuie spus că a numi acest incident o greşeală de operare este destul de uşor. Ceea ce este cu adevărat în joc este de fapt condiţia periculoasă înnăscută, mediul în care lucrează muncitorii, acolo unde producţia trebuie să continue şi unde asumarea riscului este preţul pe care trebuie să-l plăteşti la angajare.

Articolul continuă să prezinte multe alte astfel de incidente, alese pentru a ilustra „valoarea experienţei şi a pregătirii, şi gravele implicaţii ce survin din neluarea în seamă a zicalei: Se poate întâmpla şi aici!" Deşi am încercat să prezint toate aceste lucruri, chiar şi această selecţie sugerează că experienţa şi antrenamentul sunt poate puţin relevante în comparaţie cu presiunea la care poţi fi supus în cadrul muncii, cu lipsa de organizare managerială şi a supravegherii, şi, mai presus de toate, riscurile înnăscute din cadrul acestor întreprinderi. Niciunele dintre acestea nu sunt accidente create de ecosystem. Ecosistemul nu este cuplat foarte strâns şi nici nu interacţionează în toată complexitatea lui. Am examinat de asemenea şi materiale suplimentare, inclusive rapoartele nepublicate ale OSHA referitoare la accidentele petrecute, pe care grupul INFORM le-a obţinut prin intermediul unei organizaţii numite Libertatea Informaţiei, cu un conţinut predominant referitor la accidentele grave, extrem de serioase din cadrul industriei de exploatare. Acest mediu este unul linear şi cu slabe legături, similar cu marea majoritate a uzinelor din, să zicem, aria de chimie industrială. Chiar dacă sunt câteva similitudini cu procesele din chimia industrială, sursele referitoare la accidente fatale asemănătoare cu cele din mine nu sunt înregistrate. Aceasta este aşa cum ne-am fi aşteptat deja.

Complexitatea şi structuralitatea minelor

Nu toate accidentele sunt cauzate de prăbuşiri ale simplelor componente de sistem, aşa cum au fost descrise mai sus. Sunt încă elemente de relaţionare strânsă şi de mare complexitate în cadrul minelor. Riscul acestora a fost redus prin intermediul a noi legi, din fericire (sau erau şi acestea până când noile politici de siguranţă şi sănătate au fost introduse de administraţia preşedintelui Reagan în 1981). Biroul Minelor din U.S. aplică acum pentru introducerea mai multor găuri de ventilaţie, precum şi pentru ventilaţia segmentată; această măsură elimină multe cauze banale de producere a accidentelor unde întregul aer este pus în pericol de prăbuşirea unei guri de ventilaţie sau de punerea în circulaţie a unor mase de aer periculoase. Mineritul cu instrumente era singurul cunoscut de toţi, asta până când Biroul a cerut construcţia de pasaje de ieşire, cerând astfel şi mai multe astfel de mine. Un singur ascensor blocat ar fi putut rezulta într-un dezastr în mină, dacă acolo nu ar fi existat decât un singur pasaj de ieşire. O altă lege a cerut de asemenea ca secţiile neutilizate ale minelor să fie închise. Acestea pot duce la răspândirea de gaze toxice, sau pot fi fi utilizate pentru activităţi neautorizate (fumat, deversare de deşeuri chimice); închise, această problemă ar fi redusă semnificativ.

O problemă destul de serioasă în ceea ce priveşte mineritul este absenţa accesului direct la informaţiile despre starea şi condiţiile în acer se poate afla sistemul, o caracteristică a multor ecosisteme cu interacţiuni complexe. Acest lucru este cel mai evident în cazul căderilor de boltă, „prăbuşirile de acoperiş" cum sunt numite, un tip de accidente extrem de frecvent şi periculos… Gazele şi reziduurile explozive constituie încă o serioasă incertitudine. Exploziile minelor sunt cele mai mari surse de accidente grave. Gazul metan scapă din rocile subterante, şi se pare că este o problemă destul de serioasă acolo unde există cărbuni, de aceea exploziile cauzate de gazul metan s-au întâmplat chiar şi când se construiau şi alte tunele şi pasaje (O conductă care transporta apa, traversând lacul Huron a avut parte de o expizie de gaz metan în 1971, în urma căreia au murit 22 mineri).

Exploziile cauzate de gazul metan sau de cărbuni sunt poveşti vechi în istoria mineritului. O altă astfel de explozie s-a petrecut în Anglia în 1880, omorând 161 de oameni, o alta în Virginia în 1884 luând alte 112 vieţi; o explozie petrecută la Compania de minerit Hanna din Wyoming, în 1903 a provocat moartea a 169 de persoane,

şi, în ciuda rugilor disperate ale familiilor victimelor, mina a fost redeschisă mai târziu în 1903, fără a fi nicidecum îmbunătăţită, iar în 1906 a suferit o a doua explozie, omorând încă 59 de mineri. O explozie care a avut loc în Virginia de Vest în 1908 a omorât 154 de persoane, un incendiu izbucnit într-o mină din Illinois sia soldat în anul 1909 cu moartea a 259 de mineri şi oameni de salvare; o altă explozie în statul Alabama a avut 128 de victime în 1911; alte 263 au pierit în 1913 în New Mexico, în urma unei explozii; de altfel, acel an a însemnat apoi producerea unui alt dezastru, relativ minor întrão mină din Colorado, care a avut apoi un alt incident după patru ani, luând 129 de vieţi omeneşti. Cel mai mare dezastru dintre toate, s-a produs într-o mină din Franţa în 1906, lăsând în urmă 1100 de morţi şi necesitând chemarea de întăriri pentru a restabili ordinea.

Tehnologiile de siguranţă s-au îmbunătăţit însă astăzi. O cercetare sumară a evenimentelor de acest gen a indicat faptul că numărul persoanelor care au murit în urma exploziilor de acest fel a scăzut în ultimii ani. Din 1960 şi până în 1978, de exemplu, o sursă citează opt explozii cu un număr considerabil de morţi, însă totalul acestora nu se ridică decât la 32. A fost doar un singur accident de mare amploare pe care îl menţionez şi care s-a petrecut între 1971 şi 1978. Chiar şi marea explozie din 1979 din Louisiana a ucis doar 5 mineri. Ultimul vine aproape să întărească ideea unei eroroi la nivel de sistem, însă greşelile de la prima explozie nu erau independente de acesta.

Acest incident ilustrează unele dintre aspectele complexe, precum şi legătura extrem de strânsă care se poate crea la un moment dat între acest sisteme. Doi mineri lucrau în mod obişnuit într-o zonă de mare circulaţie a curenţilor. Aceasta a eliberat se pare în jur de 4 milioane de metri cubi de gaz metan, însă norul de pulbere nu a avut suficient are pentru a susţine o explozie. S-a împrăştiat extrem de repede de la locul în care s-a produs. Metanul s-a amestecat cu aerul, cauzând o explozie de mare amploare. La zece minute după explozie, s-a amestecat din nou cu suficient aer pentru a deveni explozibil, şi s-a răspândit într-o altă zonă a minei unde erau cablurile electrice, în zonle de divergenţă ale acestora, precum şi în boltirile pereţilor… Explozia ce a rezultat a dus la crearea unor vânturi a căror forţă era aceea similară unui uragan, care a făcut să sară în aer camioane întregi, a smuls şi a trântit la pământ uşi, echipamente, şi a creat un val de

căldură ce a atins temperaturi de până la 900 grade F în unele nivele mai adânci ale minei. Unul dintre mineri a bâjbâit până la tunel ca să scape de reziduuri, sare şi masele de aer foarte periculoase doar ca să se azvârle 30 de metri de-a lungul tunelului. Mişcarea aerului a fost schimbată în sens contrar deoarece principalul sistem de ventilaţie a fost distrus. În jur de 15 750 de tone de sare au fost expulzate din mină în urma exploziei. La acel timp erau doar 22 de muncitori în mină; 17 au supravieţuit, însă mulţi dintre ei au rămas cu răni grave.

Extrasele referitoare la siguranţa minelor notează: „Asemenea explozii ale gazelor aflate la mare presiune produse pe scală verticală s-au constatat şi în relatările din insula Belle şi din minele de sare din împrejurimi de mulţi ani. Numeroase astfel de răbufniri s-au petrecut atunci când sarea, aflată la presiuni foarte mari sub gazele aflate în rocile din structură s-a revărsat prin ieşirile minei". Încă după puţin timp de la accident MSHA a clasificat mina aceasta şi alte trei din zonă ca fiind „gazoase", de aceea erau necesare mult mai multe inspecţii riguroase. Nu este clar dacă cele mai înalte standarde de tehnologie ar fi putut împiedica apariţia acestui dezastru, oricum, sau unul viitor, dacă aceste locuri de presiune sunt frecvente. Se pare că există un risc ireductibil în cadrul minelor astfel, un mediu neprevăzut pentru oameni.

Pierderea unui lac

Ultimul tip de accident ce trebuie abordat în acest capitol oferă o pauză de la bordarea dificilei lumi a mineritului, şi un exemplu al unei modificări făcute de om într-un sistem natural care a produs un slab accident de ecosistem. S-a petrecut în Louisiana în 1980 când statul a pierdut o conductă de petrol, o mină de sare, precum şi un lac întreg. Acest lucru va fi schiţat în întregime în raportul făcut de Michale Gold în ziarul *Science 81*.

Acesta este un exemplu de problemă care a fost uşor creată într-un sistem interactiv şi strâns interconectat. Nu ne aşteptămca un lac din Louisiana, o conductă de petrol, sau o mină de sare să fie brusc subsisteme sau unele mai mari.

Se poate să fi ghicit interacţiunea. Texaco construia o conductă de petrol în lacul Peigneur în subsolul Louisianei. Tunelul a fost construit până la o adâncime de 1250 de metri după care maşinăria de excavat s-a blocat, iar apoi, a început inexplicabil să nu mai funcţuionezen şi să execute salturi. Acezt lucru este oarecum

neobişnuit pentru un mecanism care cântăreşte 40 tone. O oră mai târziu, oamenii au observat că totul se surpa şi au abandonat lucrările. Privind de la mal, oamenii au fost surprinşi să vadă tunelul surpându-se într-o parte a lacului ce, măsura doar 3 sau 6 metri adâncime. În acelaşi timp, muncitorii care lucrau într-o mină de sare, exact în partea în care avea loc extinderea lacului, au putut observa că zona începea să se prăbuşească, şi au pornit alarmele. Toţi cei 51 care erau acolo au reuşit să scape în timp ce apa a năvălit în interiorul cavernelor, înalte de doar 80 de picioare. Între timp, la suprafaţă, o vâltoare ameninţa nişte pescari matinali, şi s-a izbit de nişte barje precum şi de un tub asociat cu tunelul respectiv. Vârtejul a crescut în înălţime până a atins 65 de acri până în punctul de atracţie turistică numit Rip Van Winkle Live Oak Gardens. Un râu, semănând mai mult cu un canal, din golful Mexic, care se vărsa în lac, şi-a modificat cursul, creând o cascadă de 150 de metri. Un gaz subteran a fost eliminat şi a ieşit la suprafaţă, unde bulele de gaze s-au evaporat complet. După 7 ore, întregul lac, mai mult de jumătate din două mile din suprafaţa pe care se întindea, a fost drenat în interiorul minei de sare.

Diamond Crystal, Comania de sare, a învinovăţit Texaco pentru daunele provocate în cadrul minelor sale; Texaco a acuzat la rându-le său, compania de sare, susţinând că aceştia nu au specificat faptul că această companie deţinea o mină în acel teritoriu. Compania a învinovăţit Texaco pentru pierderea echipamentului de lucru. Rip Van Winkle Gardens a acuzat atât Texaco câv şi Diamond pentru pagubele provocate, pentru pierderea de clădiri şi de plante, incluzând şi 30.000 de mii de specii pe cale să înflorească în perioada Crăciunului. La final, au fost completate 7 cereri de intentare de proces. Pagubele au ajuns la sute de milioane de dolari.

Toţi cei care se aflau în pericol, se pare că au fost norocoşi. Cei 51 de mineri sâau salvat fugind cu camioanele pe un teren înalt de sare. Cei doi pescari, observând că lacul se prăbuşea, iar undiţele se balansau şi ajungeau la mari adâncimi de apă, s-au aventurat în apă pentru a se lupta cu vârtejul. Ei au fost blocaţi în noroiul prrea adânc pentru a sta în picioare, care s-a scurs în cele din urmă în gaură, şi în faţa unui sistem de barje cablate împreună, având cascada de cealaltă parte. Dar cele două barje s-au despărţit în cele din urmă şi au sfârşit prin a fi înghiţite de cascadă, iar cei doi pescari au alergat foarte repede spre mal, reuşind să se caţere. Râul, sau canalul, care începuse

să se umple excesiv în aval, a creat un curet de 20 de noduri, chiar aproape de vârful cascadei, iar bărcile care ancorau acolo au fost trase în vârtej. Un remorcher a încercat să aşeze o barieră de-a lungul râului pentru a împiedica bărcile să fie înghiţite de apă, dar atât remorcherul, cât şi barja au aterizat în cascadă, chiar după ce echipajul a reuşit să treacă de cealaltă parte a canalului. Barja şi remorcherul au ajuns în cascadă şi apoi în mina de sare, unde sunt încă şi acum. Alte şapte barje au urmat apoi după ce mina de sare a fost umplută de ape.

În timp ce apa se revărsa în mină, aerul a ieşit la suprafaţă printr-un sistem de ventilaţie, ţinând liftul de urgenţă în bună stare de funcţionare. Apoi, un gheizer de 400 metri înălţime a erupt din adâncuri, durând în jur de 20 de minute, după care a dispărut. A doua zi, lacul a început să se umple din nou, după ce mina de sare a înghiţit o cantitate de 3 bilioane de litri de apă. Câteva zile mai târziu, proprietarii locului turistic au fost nevoiţi să angajeze o echipă de scafandri pentru a încerca să recupereze ceea ce mai rămăsese din cramă.

Mina de sare era una mare, construită în mijlocul unui dom de sare care se întindea pe aproximativ o milă. Numeroase axuri au pornit din centru, principalul întinzându-se pe mai mult de trei sferturi de milă. Adesea, alături de domurile de sare se găseşte petrol. Când Texaco a început să excaveze, ei nu s-au deranjat să anunţe compania de sare Diamond. Aceştia au auzit despre această acţiune când au fost întrebaţi de către Uniunea Inginerilor dein USA dacă nu au nicio obiecţie împotriva permisiunii semnate de Texaco de a dexcava locul. Texaco deţinea hărţi care arăta unde se află mina, dar acestea erau neclare şi contradictorii; unele situau mina sub gaura de excavare, altele nu. Texaco nu averificat niciodată acest lucru cu vecinii săi. Diamod nu a discutat niciodată cu Texaco. Texaco a declarat că doar Diamond a ştiut unde pot fi tunelurile minei. Diamon a declarat, la rândul său, că nu au avut nicio informaţie în ceea ce priveşte adâncimea canalului. O chestiunea birocratică tipică, unii ar fi putut afirma-lipsa de comunicare. Însă mai mult decât acest punct de vedere, acest lucru a implicat o interacţiune neaşteptată a două sisteme care erau mult mai apropiate decât ar fi putut crede oricine altcineva. A încercat oare Texaco să dea de un tunel de mină din hărţi updatate, unii suspecţi ar afirma că acest lucru nu este posibil. Accidentele în cadrul ecosistemelor sunt rare chiar şi în sistemele complexe, cu

strânse legături. Ele sunt foarte rae, şi cu adevărat capricioase, atunci când două sisteme atât de mari ca acestea, aparent independente, intră pur şi simplu în contact. De aceea, nimeni nu se deranjează să le verifice. Ce s-ar întâmpla dacă?

CONCLUZII

Unele diguri au fost catalogate drept având un potenţial catastrofal, dat în acelaşi timp sunt foarte strâns relaţionate, de aceea posibilitatea recuperării după un accident este extrem de limitată, ele nu sunt ţinta unor interacţiuni neaşteptatesunt sisteme liniare, în termenii noştri. Acţiunea de prevenire a accidentelor este apoi este mai mult o chestiune de prevenire a greşelilor componentelor acestor sisteme, incluzând construcţia, proiectarea corespunzătoare. Aceasta este, oricum, o posibilitate a accidentelor de ecosistem în sensul în care, în mod neaşteptat, un dig ar deveni o parte activă dintr-un sistem mai amplu. Umplerea unui dig ar putea cauza anumite efecte asupra pământului, cum ar fi producerea de cutremure sau deplasarea plăcilor tectonice. S-ar putea să mai treacă o perioadă de timp până ce aceste fenomene vor fi înţelese corect, iar între timp, avem posibilitatea să asistăm la interacţiuni neaşteptate între sisteme, sau la alterarea stărilor sistemelor, devreme ce nicio greşeală nu este implicată aici. Însă în sens larg, prăbuşirile barajelor se pare că sunt mai degrabă chestiuni prozaice. A fost important pentru noi să luăm în considerare accidentele legate de diguri, deoarece aveam nevoie de de un exemplu de strânsă conexiune, fără a exista însă o complexitate interactivă, şi de un exemplu de potenţial catastrofal care să nu fie relaţionat cu accidentele de sistem… Nu toate sistemele cu un nivel înalt de risc predispun la accidente.

Mineritul a presupus mai departe indicii ale neputinţei noastre în acest domeniu. În timp ce se lucrează într-un mediu ostil, fiind ţinta a numeroase greşeli catastrofale şi dramatice, din nou, se pare că nu este vorba despre accidentele de sistem. Chiar şi explozia de pe insula Belle a fost cauzată de de o greşeală a unei componente naturale, fără interferenţa altor erori, deşi cupirea strânsă a împiedicat eforturile de recuperare. În schimb, am privit puţin asupra incapacităţile prozaice în cadrul sistemelor DEPOSE şi asupra posibilelor produceri de presuni asupra tot ceea ce înseamnă aria activităţilor industriale. S-a recurs de asemenea la o cercetare atentă a subiectului atribuţiilor operatoruluiun fel de figură de bază care a fost omniprezentă în

analiza noastră asupra sistemelor cu risc înalt.

Atât digurile, cât şi mineritul, şi cu siguranţă mineritul la mari adâncimi şi suprafaţa excavată care a produs accidentul de la lacul Peigneur, ne-au alertat în ceea ce priveşte producerea de accidente în cadrul ecosistemelor-expansiunea neaşteptată a sistemului şi de aici cauza greşelilor. Sistemele, pe cât fac ele impresia că nu sunt interconectate, sunt totuşi. Marea majoritate a deşeurilor toxice, incluzându-l şi pe cel de la Church Roch, nu sunt accidente cauzate de ecosistem după cum am fi înclinaţi să credem, pentru că ele sunt plănuite, şi nu accidentale. Este foarte clar că dacă deşeurile toxice nu sunt ţinute în conatinere speciale, ele vor veni la suprafaţă, cum s-a întâmplat în cazul Love canal. Cu barajele în mod special, oricum, accidentele din cadrul ecosistemelor se întâmplă deoarece noi doar ce am început să înţelegem caracterul fragil al mediului în care trăim în timp ce ne îmbunătăţim încontinuu abilitatea de a muta tone şi tone de apă şi de pământ. Precum dau mărturie doi mari geologi: „Marile baraje şi rezervoare de apă au creat un mediu nou complex, şi se ştiu foarte puţine despre interacţiunea tacită dintre componentele sale forţă, pe o perioadă mai lungă de timp". Unele procese de transformare cum sunt fuziunea nucleară sau creşterea temperaturii, reacţiile chimice la mare presiune, se poate să nu-şi fi dezvăluit niciodată toate secretele, suficient et a ne ajuta pe noi să percepem toate interacţiunile. Dar în cazul accidentelor de ecosistem, cred că avem un caz unde mai mult timp şi mai multă motivaţie ne pot da cunoştinţele necesare să înţelegem interacţiunea dintre sisteme ce creează noi şi neanticipate sisteme. Avem nevoie de aceste cunoştinţe „să menţinem acest nou lucru creat de omul care se impune într-un echilibru perfect". În cazul digurilor, ar fi posibil să facem acest lucru doar peste două sau trei decenii. Dar în următorul capitol vom lua în calcul alte chestiuni cu un potenţial şi mai mare pentru un accident în cadrul unui ecosistem, unde este făcută o mică încercare de a asigura că ceea ce a fost creat de om ca şi sistem poate rămâne într-un echilibru adecvat-cazul cercetării şi producţiei recombinate de ADN.

CAPITOLUL VIII

…ppag 256 – 279…

Din cauza nesiguranţei pe care o prezintă un astfel de proiect, într-o anumită măsură noul sistem ar fi mai complex decât cel original. Pe de-o parte ar presupune interacţiuni care nu au mai fost observate

până acum şi, deci, care nu au fost pe deplin înţelese, dar în acelaşi timp ar necesita şi o simplificare drastică a sistemului. A fost redusă complexitatea, şi în acelaşi timp şi numărul dispozitivelor de siguranţă. Partea misiunii ce implica lansarea pe lună, experimente ştiinţifice, acoperire tv, facilităţile de la bord şi chiar dispozitivele automate au fost eliminate, obţinându-se astfel un sistem linear, cu un scop unic. Câteva dintre aceste proceduri au slăbit cuplajul sistemului, dar complexitatea sa a fost mult mărită pentru că nu mai există excese şi factori de încetinire. Totul trebuia să fie menţinut. Pentru a economisi combustibil ei au continuat să proiecteze traiectoria către lună în aşa fel încât forţa gravitaţională să poată fi folosită în scopul de a inversa direcţia navei. Acest lucru a dat coordonatorilor acestui proiect timp pentru a simplifica drastic atât procedurile de reintrare în atmosfera terestră cât şi lista de verificare, deoarece astronauţii deveneau predispuşi la greşeli datorită lipsei de somn, a apei şi căldurii. La fiecare etapă a procesului, coordonatorii alegeau opţiunea care le oferea cele mai multe oportunităţi pentru a interveni ei înşişi şi pentru ca operatorii să facă corecturi ale unor greşeli ce ar putea să apară ulterior. Astfel, la fiecare etapă erau luate decizii care urmau să slăbească cuplajul sistemului. Pe măsură ce zborul se apropia de momentul reintrării în atmosfera terestră, presiunea consumabilelor a început să se reducă deoarece rezervele ţinute în cazul unor împrejurări neprevăzute nu mai erau necesare întrucât momentele de criză fuseseră depăşite. Deci, pe măsură ce zborul se apropia de final, a reapărut un exces al consumabilelor, şi ca urmare sistemul a căpătat un cuplaj mai slab decât avusese în momente anterioare ale procesului de redresare.

Noul sistem creat de către accident a căpătat de asemenea deodată posibilitatea de apariţie a unui accident catastrofal, posibilitate ce nu se regăsea la vechiul sistem. În interiorul modulului lunar se afla un container cu combustibil radioactiv, inclusiv plutoniu, pentru a susţine un experiment ce urma a fi lăsat pe lună. Acum, acesta revenea acasă în micul modul lunar. O canistră similară dintr-o misiune spaţială anterioară a ars în întregime în atmosferă şi a împrăştiat plutoniu în stratul superior al atmosferei. Canistra a fost creată astfel încât să rămână intactă la reintrarea în atmosferă, dar ar putea să izbucnească în flăcări în momentul contactului cu suprafaţa terestră. Pentru determinarea locului unde modulul de comandă ar

putea fi recuperat în cele din urmă, coordonatorii proiectului au fost nevoiţi să calculeze şi coordonatele locului unde această canistră de combustibil radioactiv ar cădea după arderea modulului lunar la reintrarea în atmosferă. O traiectorie iniţială a recuperării modulului de comandă ar fi plasat combustibilul radioactiv într-o zonă foarte populată din Madagascar. Reprezentanţii Comisiei de Energie Atomică de la NASA s-au pronunţat împotriva acestui traseu. (Nu este clar ce decizie ar fi luat aceştia în cazul în care ar fi fost vorba despre o zonă puţin populată din Madagascar). În final, canistra părea că este îndreptată către apele adânci ale coastei Noii Zeelande. Dar astronauţii au făcut o greşeală de ultim moment în controlarea poziţiei; ar fi fost dificil şi periculos să se încerce o corectare a acesteia. Din fericire, noua locaţie pentru canistră a fost Oceanul Indian, şi reprezentanţii CEA s-au declarat mulţumiţi.

După cum a ieşit la iveală apoi, modulul lunar s-a transformat într-o „plută de salvare" mult mai bună decât era aşteptat care a tras modulul de comandă mort în jurul lunii înapoi către Pământ, şi a susţinut cu succes modulul de comandă pentru o reintrare liniştită în atmosferă. A fost o atribuţie pe care nimeni nu şi-a imaginat vreodată că va trebui să şi-o asume modulul lunar. Este un exemplu de dispozitive de siguranţă ce au apărut fără a fi planificate de proiectanţi, dar numai în cazul celor ce au sisteme lineare comune slab cuplate nu şi în cazul celor strâns cuplate şi care prezentau interacţiuni complexe.

Revenirea de după eşec a fost magnifică. Cooper o prezintă la fel de magnific în lunga, detaliata şi imparţială povestire a acestei faze a misiunii. A fost un triumf tehnologic, dar aproape unul inversat. Cooper surprinde această idee în următorul paragraf:

Marea realizare a tehnologiei americane s-a prăbuşit pe deplin. Tot ceea ce a rămas a fost o navă spaţială a cărei complexitate însăşi o făcea mai greu de manevrat, plus un grup format din coordonatori de zbor şi trei astronauţi, ei înşişi fiind produse ale unui sistem birocratic care a condus la proasta funcţionare a navei spaţiale. La prima vedere, aceasta pare să le fi îngreunat procesul de ieşire din această situaţie şi impunerea în faţa unei nave de necontrolat. Totuşi, accidentul a distrus majoritatea accesoriilor tehnologice, precum liste de verificare şi jurnale de bord, care înlocuiesc un fel de timp amânat pentru urgenţe, şi în acelaşi timp o mare parte din echipamentul automatic de la bordul navei care ducea la îndeplinire îndatoririle pe care înainte

marinarii le îndeplineau singuri. Acum coordonatorii de zbor şi astronauţii nu se diferenţiau de orice marinar ce înfrunta dezastre pe mare. Ar face mult mai mult pentru ei înşişi decât accesoriile sofisticate absolut inutile elaborate de către ei.

El are dreptate când compară coordonatorii de zbor şi astronauţii cu marinarii; în reabilitare distincţia între manager şi operator, sau chiar între proiectant, manager şi operator avea tendinţa de a dispărea. Prin Apollo 13, mai mult decât prin orice alt zbor, astronauţii s-au întors la vechiul lor statut de piloţiprofesionişti într-un efort extraordinar de cooperare care le oferea puţin control şi putere. Subiectul determinat, cimpanzeul, dispozitivul redundant, bărbatul care a trebuit să stea în vârful focului de artificii cu un termometru deasupra umerilor săi pentru a obţine statutul de erou au dispărut pentru totdeauna. Dar să sperăm că acelaşi lucru s-a întâmplat şi cu noţiunea de „Proiectant Omniscient" şi cea de „Manager atotputernic".

Sisteme de avertizare timpurii

De la Hiroshima şi Nagasaki, cel mai catastrofal accident a fost considerat războiul nuclear accidental, o hotărâre accidentală a sorţii Pământului, un holocaust. Titluri din publicaţii ne spun despre progrese tehnologice solide în ceea ce priveşte proiectilele şi apărearea împotriva acestora. Apărarea constă în construcţia de mai multe proiectile sau mai rapide, sau în a contraataca mai iute. Există o polemică neîntreruptă despre deficienţele proiectilelor; mulţi au considerat că alegerile prezidenţiale din anul 1960 s-au decis în baza unui deficit al proiectilelor pe vremea când acestea existau într-un număr restrâns, iar marea lor majoritate se afla în mâinile noastre. Pe măsură ce deficitul s-a micşorat, numărul proiectilelor a ajuns la câteva mii. (Numărul armelor nucleare din Statele Unite şi din afară este cuprins între 20.000 şi 30.000.) Situaţia se complică şi mai mult dacă avem în vedere conflictele armate de pe suprafaţa globului şi numărul acestora ce se află în continuă creştere, cruzimea şi durata acestora ce este din ce în ce mai mare, precum şi numărul crescut de luptători ce obţin acces la arme nucleare. Coşmarul lui *Dr*. *Strangelove* nu a dispărut; de fapt, scenariul ce părea foarte bizar în anul 1964, este mai uman prin imprecizia şi linearitatea lui decât scenarii ce pot fi imaginate în ziua de azi.

Dr. *Strangelove* este un film amuzant dar în acelaşi timp

descurajant, regizat de Stanley Kubrik, care se referea la Comandamentul Strategic Aerian (Strategic Air Command) şi la situaţia apărării naţionale. În ceea ce priveşte accidentele din cadrul sistemului, lucrurile stau în felul următor: Generalul Jack D. Ripper (umorul este cel puţin evident, Ripper = Spintecător) este un comandant nebun care lansează un atac nuclear aerian împotriva Rusiei folosind detaşamentul de bombardiere B-52. (Comportamentul psihotic a fost omis în toate scenariile despre accidente conţinute în această carte, dar ştim că acesta există. Pentru început o vom numi eroarea 1.) Generalul Ripper este singurul care ştie parola secretă pentru a revoca ordinele şi a rechema bombardierele, dar nu are de gând să divulge această parolă. (Eroarea 2; o eroare procedurală sau o procedură periculoasă. Este similară cu bănuita abilitate a comandanţilor de submarine să lanseze proiectile nucleare fără acordul prezidenţial, în cazuri speciale cum ar fi lipsa posibilităţii de a comunica cu preşedintele). Armata este nevoită să îşi atace propria bază, însă (eroarea 3) parola secretă de revocare a ordinelor dispare odată cu moartea Generalului Ripper (o altă eroare). Dar sunt şi posibilităţi de recuperare, deoarece, în acele zile de glorie, proiectilele lansate de către bombardierele B-52 ajungeau în Rusia în câteva ore. (Acum durează zece minute pentru proiectilele submarine şi mai puţin de opt minute pentru ca proiectilele Pershing II să fie plasate în Europa, niciuna dintre proiectilele de mărime medie sau mare nu poate fi retrasă, sau distrusă în zbor în caz că este lansată din greşeală. Sistemul are, astăzi, componente mult mai bine conectate între ele.) o presupunere ce s-a dovedit a fi cu noroc şi eforturile făcute de ruşi împreună cu americanii a făcut posibilă rechemarea sau doborârea tuturor bombardierelor SAC cu excepţia unuia. Acesta care a rămas rezultă în eroarea 4. (Este amintit avionul de recunoaştere care, în timpul Crizei Rachetelor Cubaneze, nu a înţeles mesajul de a nu se apropia de teritoriul sovietic; a trecut graniţa tocmai când eram faţă în faţă cu ruşii, discutând posibilitatea unui atac aerian împotriva Cubei şi determinând o blocadă. Aceasta a complicat negocierile care nu au avut nicio finalitate.

Stagnarea ce a apărut în sistem a înlăturat toate potenţialele surse de catastrofă cu excepţia uneia, sau cel puţin aşa se credea, dar întâmplarea a făcut ca ruşii să plaseze un dispozitiv „Doomsday" („Ziua de apoi"), care ar fi distrus automat întreaga planetă în cazul în care o

singură bombă nucleară ar fi fost detonată. Aparatul „Doomsday" a fost instalat cu scopul de a împiedica atacurile nucleare, o dată pentru totdeauna, dar ar funcţiona numai în cazul în care am afla de existenţa lui. Eroarea 5 a fost că ruşii l-au înarmat dar aşteptau momentul potrivit pentru a-i anunţa existenţa lumii întregi. Odată funcţională, nu mai era nicio cale de a o dezarma, întrucât eficienţa acestuia nu depindea nici de capacitatea Statelor Unite de a-l învinge, nici de cea a sovieticilor. (Cea mai apropiată replică de azi este „launch-on-warning" (lansarea de avertizare), o situaţie de ameninţare din partea ambelor părţi care ar trimite proiectile irecuperabile către inamic dacă ar părea că acesta lansează un atac. De această prezumţie de atac ne vom ocupa în cele ce urmează). În acest punct al filmului, folosindu-se muzică patriotică adecvată, nicio intervenţie umană nu este posibilă. Ultimul B-52 rămas din detaşament, respinge mesajele radio de a se întoarce deoarece acestea nu erau însoţite de codul potrivit, şi îşi atinge ţinta, iar planeta devine radioactivă. În scena finală oficialii Statelor Unite sunt prezentaţi în timp ce discuta posibilitatea de păstrare a civilizaţiei americane în subteran, în puţuri ale minelor abandonate. Şeful forţelor aeriene îl avertizează pe preşedinte că ar putea fi un „deficit de puţuri miniere".

Astăzi, acest scenariu ridicol al accidentului nu mai este aşa ridicol cum părea în trecut. Cu sateliţii sovietici urmărind semne ale unor posibile lansări de rachete, am făcut o răsturnare de situaţie, contracarând o rachetă Titan (din fericire, aceasta a ajuns la numai câţiva yarzi), şi infirmând zvonul despre o lansare accidentală dincolo de graniţa cu Canada. Dar există atât de puţine informaţii despre lansări accidentale de rachete sau accidente care au fost foarte aproape de a determina lansări încât nu se poate specula în această privinţă.

Aceasta se aplică şi în cazul „săgeţilor rupte" („broken arrows") – accidente cu arme nucleare, precum pierderea lor în timpul transportului terestru sau încărcarea, scăparea altor obiecte deasupra lor, sau pierderea lor accidentală din avioane ca în cazul incidentului din Palomara, Spania din 1966 (costurile de reparaţie a daunelor au depăşit suma de 50 milioane dolari; 5.000 barili contaminaţi cu plutoniu sunt îngropaţi în minunata Carolina de Sud). Au avut loc între „mai mult de douăzeci şi şapte" (numărătoarea oficială) şi o sută douăzeci şi cinci (numărătoarea efectuată de către Institutul

Internaţional de Cercetare a Păcii) de astfel de accidente. În lista oficială, paisprezece din cele douăzeci şi şapte de accidente au implicat explozia unui mecanism de detonare (care în unul din cazuri a format, în Texas, un crater de 35 de picioare lăţime şi 6 picioare adâncime). Dar mecanismul de detonare trebuie pornit cu mare precizie pentru ca focosul să explodeze; aceasta constă în câteva încărcături explozive în jurul miezului nuclear. Se crede că este foarte puţin probabil ca un accident să producă exact structura corectă de explozii (într-adevăr, nu suntem siguri nici de faptul că o detonare intenţionată poate face acest lucru foarte des). În orice caz, am făcut câteva încercări de acest gen. Într-unul din cazuri, cinci din cele şase dispozitive de siguranţă cuplate ale bombei au fost slăbite, şi conform Dr. Ralph Lapp, şeful sucursalei de fizică nucleară din cadrul Oficiului de Cercetare Navală, doar o comutare rapidă a prevenit ca o bombă de 24 megatone să distrugă frumoasa zonă a Carolinei de Nord.

Vă puteţi imagina cu uşurinţă un scenariu despre greşeli industriale obişnuite şi mici scăpări militare ce conduc la astfel de accidente; nici nu trebuie evocate conceptele de complexitate şi conectivitate. Deşi o explozie nucleară este destul de improbabilă, o „săgeată ruptă" poate împrăştia în jur plutoniu mortal, iar teritorii din Spania, Groenlanda, Carolina de Nord, Indiana şi probabil multe alte locuri au fost afectate de către încercările de îndepărtare a poluării letale. Deşi nu mai trimitem cu regularitate bombardierele B-52 în misiuni aeriene cu arme nucleare, acestea încă mai sunt funcţionale şi zboară, iar armele-neîncărcatesunt transportate în nave aeriene de încărcătură (un elicopter ce căra bombe nucleare a fost nevoit în trecut să facă o aterizare forţată în Insula Coney). Plutoniul din acestea se poate împrăştia în cazul unui accident. În timp ce potenţialul de distrugere a victimelor din rândurile trei şi patru nu este atât de mare ca cel atras de către o detonare accidentală a unuia dintre miile de focoşi existenţi, probabilitatea de împrăştiere a plutoniului peste spunem, o porţiune cu o lăţime de 2 mile şi o lungime de 25 mile, cu efectul de contaminare a pământului şi a oamenilor este mult mai mare. Cel mai mare dezastru ar fi, desigur, creat de lansarea de arme nucleare, dar probabilitatea ca acest lucru să se întâmple este mai mică decât în cazul celorlalte. În continuare vom vedea de ce.

Ne vom concentra atenţia asupra celui mai credibil exemplu de atac accidentalalarmele false. Nu vor fi luate în considerare problemele

legate de terorism şi comandanţi cu probleme psihice.

Avertismentul

Într-o lungă serie de peşteri făcute în piatră sub muntele Cheyenne, din Colorado, Comandamentul de Apărare Aerospaţială Nord Americană (NORAD), centrul de comandă de preîntâmpinare a avertismentelor aşteaptă semnale care să arate venirea ruşilor. Nu este totuşi după cum v-aţi putea cu uşurinţă imagina o viaţă lipsită de evenimente. În timp ce ruşii sunt destul de inactivi, cu excepţia unor experimente ce presupun lansări de rachete şi lansări spaţiale, alte evenimente par a avea loc tot timpul. Când ceva se întâmplă, este solicitată „o conferinţă de prezentare a rachetelor". În 1979, conform unui raport al Senatului, au existat 1.544 de astfel de conferinţe. În primele şase luni ale anului 1980 numărul lor a crescut la 2.159 adică mai mult de zece pe zi. Bărbaţii şi femeile înrolaţi să utilizeze aparatele de control erau, deci, destul de ocupaţi.

Conferinţele nu au o importanţă deosebită, cu toate acestea ele au menirea de a-i ţine ocupaţi pe managerii de acolo; sunt conferinţe telefonice, ceea ce înseamnă că sunt sunaţi ofiţerii de serviciu de la alte trei centre de comandă pentru a se verifica corectitudinea avertismentelor. „O conferinţă de apreciere a gradului de ameninţare al unei rachete" este mult mai serioasă, deşi o conferinţă telefonică are un nivel mediu de alarmare. În acest caz, persoane cu funcţii mai înalte decât ale ofiţerilor de serviciu din patru unităţi de comandă diferite sunt sunaţi. Au avut loc şaptezeci şi opt de conferinţe de evaluare a gradului de ameninţare în 1979, aproximativ una la fiecare cinci zile, şi probabil de două sau de trei ori mai multe astfel de conferinţe în primele şase luni din anul 1980. După o conferinţă de prezentare a rachetelor şi apoi o conferinţă de evaluare a gradului de ameninţare a rachetei ajungem la al treilea nivel al unei conferinţe despre rachete, una care nu a fost niciodată solicitată, şi anume „conferinţa despre atacul unei rachete". Preşedintele Statelor Unite se pregăteşte pentru una de acest gen.

Ceea ce ţine ocupate aceste avanposturi de apărare sunt în primul rând perturbările atmosferice care produc o „semnătură" infraroşu oarecum similară cu cea produsă de o lansare de rachetă adevărată care este detectată de sateliţii noştri. Sunt de asemenea şi stoluri de păsări, lansări spaţiale şi teste, precum şi anomalii amestecate în atmosferă sau echipament cu care aceştia să lupte

pentru a le elimina. Cu atât de multe avertismente, probabil că sistemul emite răspunsuri destul de bune. Acest lucru este valabil pentru data de 9 noiembrie, 1979 când monitoarele indicau un masiv atac sovietic. Era evident că nu era vorba despre o anomalie; se vedea clar că erau implicate atât proiectile terestre cât şi submarine. De fapt, era în conformitate cu ceea ce Pentagonul a anticipat că vor face rușii dacă atacă. Era o zi liniştită, pe plan internaţional, care a contribuit sau nu la existenţa scepticismului. Atacurile au apărut simultan pe monitoarele comandamentului NORAD din Colorado, Centrul de Comandă Naţională al Pentagonului, Comandamentul Pacific din Honolulu şi în alte locuri. O mie de rachete balistice intercontinentale (ICBMS) având capacitatea de a lovi ţinte din Rusia, au fost puse în alertă cu grad destul de scăzut. Au fost aduse zece avioane tactice, dar nu este clar ce ar fi putut acestea să facă; ele nu pot doborî rachetele care au fost deja lansate. Însă, după şase minute alarma a fost confirmată ca fiind falsă. Poate părea că lucrurile s-au desfăşurat cu mare rapiditate, însă rachetele submarine ruse ne oferă doar între opt şi zece minute pentru a ne mobiliza şi a pregăti contraatacul, şi în plus este nevoie de aprobarea preşedintelui pentru a putea înarma o rachetă Minuteman, întrucât acesta este singurul care poate decide lansarea unei rachete la apariţia unui astfel de avertisment. Mai mult de jumătate din acest timp s-a scurs înainte ca alerta să fie anulată. Dar în realitate, s-a suspectat că a fost doar o alarmă falsă încă din primele două minute.

Caracterul realist al acestei alarme false este de înţeles: o casetă de instruire care simula un atac aşteptat al rușilor a fost încărcată pe un calculator auxiliar cu scopul de a pregăti echipajul în cazuri de atac. Semnalul a reuşit să pătrundă în sistemul activ de alertare. (Vă puteţi imagina scena în care personalul implicat în monitorizare spune: „Frate, arată exact ca ceea ce se întâmplă în realitate, exact pentru ce am fost instruiţi” şi apasă pe toate butoanele în acelaşi timp. La fel de probabilă este şi următoarea reacţie: „Nu este adevărat; niciodată lucrurile nu se întâmplă aşa cum se spune în programul de instruire”). Cum şi-au dat directorii seama că evenimentul nu era real? Au verificat rapoartele ce proveneau de la două surse diferite, sateliţii şi sistemele radar de avertizare de urgenţă despre care vom discuta în cele ce urmează.

La mai puţin de un an după aceea, pe data de 3 iunie 1980, la

ora 2.26 dimineaţa, comandamentul Strategic Air Command a primit o informaţie conform căreia două proiectile submarine fuseseră lansate şi erau pe drum. Informaţia le-a fost dată de către comandamentul NORAD. SAC a sunat pentru a primi confirmarea, dar NORAD a fost incapabil de a confirma deşi mesajul fusese trimis din calculatoarele lor. Ofiţerul de serviciu al SAC şi-a luat toate măsurile de precauţie şi a ordonat echipajelor B-52 să urce la bord şi să pornească motoarele. Este esenţial ca aceste bombardiere să se afle în aer şi să fie încărcate în cazul unui atac, în caz invers rachetele trimise de către ruşi le-ar distruge probabil toate bazele. Ar dura ore întregi pentru ca bombardierele B-52 să ajungă pe suprafaţa Rusiei dar s-ar afla departe de holocaustul din America de Nord. Curând după aceea, atât computerele SAC cât şi alte părţi ale sistemului de avertizare indicau absenţa proiectilelor, şi de aceea ordinele date anterior bombardierelor B-52 au fost retrase.

Câteva minute mai târziu, computerele SAC, ce primeau mesaje de la comandamentele NORAD, indicau că rachete terestre de origine rusă aveau ca ţintă Statele Unite, iar puţin mai târziu computerele din Pentagon surprindeau proiectile submarine având aceeaşi ţintă. Aceste computere nu expun evenimentele aşa cum o face un ecran radar, ci prezintă nişte cifre, care corespund numărului de rachete, direcţiei acestora etc. Ofiţerul de serviciu de la Pentagon a convocat o conferinţă telefonică având ca subiect aceste proiectile. Gradul de alertă al acestei conferinţe era minim, dar s-a trecut apoi la nivelul următor, adică convocarea unei conferinţe de apreciere a gradului de ameninţare pe care îl prezintă aceste rachete, conferinţă la care au participat mai mulţi ofiţeri. Comandantul NORAD a spus că, în realitate, nu există nicio ameninţare, iar un minut mai târziu s-a pus capăt alertei SAC. Între timp, postul de comandă aeriană Pacific Command a trimis cu adevărat bombardiere din baza din Honolulu. Întregul episod a durat trei minute. Întrucât Uniunea Sovietică are capacitatea de a monitoriza activitatea bazelor noastre aeriene şi posibil sunt capabili să monitorizeze activitatea de telecomunicaţii, dacă nu chiar să intercepteze conţinutul mesajelor, ne putem pune întrebarea dacă aceştia nu au pus în alertă echipajele răspunzătoare cu rachetele şi bombardierele.

Cauza acestei alarme false nu a putut fi identificată. Însă NORAD ştia că aceasta era falsă deoarece nici sateliţii, nici radarele nu au

receptat semnale care să certifice lansarea de proiectile terestre sau submarine, sau pătrunderea lor pe suprafaţa Statelor Unite. NORAD nu a luat nicio măsură de modificare a sistemului pentru câteva zile pentru a vedea dacă aceste alarme false reapar, sau cel puţin aşa au declarat la Congres. Trei zile mai târziu situaţia se repetă: alarma este identică cu cea precedentă. Echipajele SAC îşi pornesc din nou motoarele, şi la fel ca înainte se decide că a fost o alarmă falsă în mai puţin de trei minute. NORAD a trecut la un computer de rezervă, şi au început să cerceteze existenţa unei posibile defecţiuni. Şi au reuşit să o găsească. Este vorba despre un mic cip defect, de silicon (care costă 46 de cenţi), situat nu în interiorul computerului ci într-un „multiplexer" de trimitere a mesajelor către diferite posturi de comandă. Acest multiplexer trimite mesaje către diferite posturi de comandă în mod continuu pentru a atesta faptul că acest canal de transmitere este deschis şi funcţional. Totuşi, acest mesaj avea acelaşi format ca cel utilizat să stabilească un atac real. Nu este clar de ce s-a folosit acelaşi tip de format. Pare destul de puţin posibil ca această similitudine să fie datorată neatenţiei, deşi această explicaţie nu poate fi total exclusă; cel mai probabil, formatul mesajului era similar pentru a avea garanţia că acesta era transmisibil. Mesajul conţine un spaţiu ce indică numărul de rachete; pentru exerciţii acest număr este zero, iar mesajul textuluiastăzi nu avem nicio rachetă. Datorită defecţiunii cipului, acest zero a fost transformat în „doi" şi apoi se pare că şi în alte cifre; aceste informaţii erau trimise către anumite posturi de comandă dar nu către toate. Probele disponibile nu oferă informaţii despre un alt număr eronat de rachete trimise în afara acestui „doi".

NORAD a schimbat formatul mesajelor de proba astfel încât să nu mai semene cu cel al unui atac adevărat. A fost corectată şi o altă omisiune, privind luminile de avertizare PORV aflate în uzina Three Mile Island. NORAD fuseseră desigur conştienţi de ceea ce a fost ordonat echipajului să transmită, dar nu avea monitoare la sediile lor care să le arate exact ce a fost transmis. (La TMI, operatorii ştiau ce a fost comandat de către sistemul automatic valvei, dar nu puteau afla ce a făcut în realitate aceasta). NORAD nu puteau şti că, din greşeală, semnalul era „astăzi avem pentru voi două rachete". NORAD a instalat monitoare şi, se pare, trei noi schimburi de soldaţi, bărbaţi şi femei, sunt atenţi la ceea ce indică acestea şi compară rezultatele cu semnalul ce se doreşte a fi transmis. Acum că această anomalie a fost

descoperită şi corectată, ne putem întreba dacă vor exista şi altele care vor trece neobservate precum aceasta deşi era atât de evidentă. Probabilitatea este foarte mare din moment ce NORAD este un sistem de comandă, control şi comunicare atât de complicat, bazat pe staţii radar şi pe sateliţi care, aparent, transmit zece nimicurialarme falsepe zi.

Cu toate acestea, informaţiile false nu sunt dăunătoare atâta timp cât nu li se oferă credibilitate. Sistemului nostru primar de avertizare i se fac două verificări majore, una privind credibilitatea erorilor calculatorelor de acest tip şi cea de-a doua privind credibilitatea graficelor despre rachete, şi din fericire erorile sunt de cele mai multe ori eliminate. Situaţiile pe care le-am analizat au fost cauzate de generare de informaţii false provenite de la sediile NORAD şi trimise către posturile de comandă. Însă fiecare post de comandă şi chiar sediul NORAD are propriile monitoare care le arată ce semnale sunt înregistrate prin radar şi sateliţi. Verificându-le pe acestea, şi negăsind indicii care să certifice vreo legătură cu informaţia primită de la NORAD privind numărul de rachete, ofiţerii au realizat că este vorba despre o alarmă falsă. Din acest motiv preşedintele nu a fost niciodată anunţat. Sistemul trebuie să funcţioneze foarte repede, şi în aceste cazuri aşa s-a şi întâmplat astfel în trei minute sau chiar mai puţin era sigur că aceste semnale erau false.

Cei doi senzori importanţi detectează rachetele prin metode diferite, şi fără a fi conectaţi între ei (sateliţii înregistrează lansarea, pe când radarul zborul ce se apropie, deci nu sunt două măsurători ale aceluiaşi eveniment.) Rachetele sovietice terestre ICBM ar fi întâi depistate de către BMEWS (Sistemul de detectare de la distanţă a rachetelor balistice) traversând nordul Canadei şi Alaska şi, mai aproape de impact de către PARCS (Sistemul de caracterizare a perimetrului de depistare a atacurilor de către radar). (Numele elaborate şi care nu exprimă foarte mult nu sunt deloc liniştitoare; pentru mine, numele şi acronimele introduc o noţiune de o inimaginabilă complexitate.) PARCS se află lângă Grand Forks, Dakota de Nord, şi este unanim acceptat ca fiind capabil de a face identificări precise despre tipul rachetelor implicate şi care sunt ţintele „vehiculelor lor multiple de reintrare independente”. Desigur, sovieticii nu ne-au dat ocazia de a testa această capacitate. Pentru proiectilele submarine, de pe Coasta Atlantică şi cea Pacifică, sateliţii

reprezintă prima linie de detectare, urmaţi de un sistem radar special, numit Pave Paws (nu vă voi încărca memoria cu semnificaţia acestui nume). Pentru proiectile submarine ce provin din Golful Mexic avem un sistem radar mai vechi.

Centrele de comandă pot oricând să le verifice pe toate acestea. Există posibilitatea ca două sau trei dintre ele să prezinte defecţiuni în acelaşi timp, deşi sunt independente unele fată de celelalte şi uzează de metode diferite de detecţie. Însă este foarte puţin probabil ca defecţiunea satelitului să producă acelaşi semnal care din întâmplare să se potrivească defecţiunii radarului BMEWS, şi că ar putea exista o defecţiune similară a radarului PARCS. Nu numai că toate ar trebui să fie defecte, dar ar trebui în acelaşi timp să producă defecţiuni compatibile. În cazul surselor de informare multiple şi independente, cu cât informaţia este mai detaliată, cu atât mai mici sunt şansele de apariţie a erorilor. Informaţia în uzine industriale este de obicei neprelucrată (supapa este închisă sau deschisă) sau singulară (temperatura este de X grade). O sursă independentă poate confirma aceste valori în mod eronat deoarece ele sunt simple. Dacă, însă, informaţia are mai mulţi parametriinumăr de rachete, traiectorie, viteză şi mărimeatunci o confirmare eronată este mult mai puţin probabilă.

Nu ştim însă cât de asemănătoare trebuie să fie informaţiile între ele pentru a putea fi considerate credibile. Dacă satelitul nostru împotriva războiului submarin ar identifica un submarin străin în Golful Mexic, şi dacă un satelit ar indica trei rachete lansate în Golf pe timpul unei furtuni, dar ar fi un semnal ambiguu din cauza vremii, şi a fost o pură întâmplare că radarul ce scanează Golful era defect astfel încât a sugerat că două sau cinci rachete se apropiau (defecţiunea se poate să fi fost asociată cu furtuna), şi dacă ar părea că rachetele ar ajunge prea repede pentru a putea aştepta să se facă o verificare de către PARCS, din Grand Forks, şi această informaţie ar ajunge în mâinile ofiţerilor de la unul din cele patru centre de comandq, atunci ofiţerul de serviciu ar putea să decidă decolarea avioanelor, înarmarea luptătorilor, şi convocarea unei conferinţe de alertă de gradul doi şi trei. Cele trei rachete identificate de către satelit ar putea să se „potrivească” cu cele două sau cinci indicate de radarul defect, în special pentru că, în cazul unui atac rachetele sunt lansate în secvenţe foarte rapide, iar numărul rachetelor din aer s-ar schimba cu

rapiditate, odată cu trecerea secundelor.

Să presupunem că Uniunea Sovietică ar recepta semnalul atmosferic foarte puternic din Golf şi în decurs de trei minute ar pune Cuba în alertă pentru un atac nuclear din partea Statelor Unite. Am putea imediat observa acest lucru, şi ar întări suspiciunea că submarinele sovietice sunt pe cale de a ataca. Putem chiar să suspectăm că PARCS nu funcţionează foarte bine când cipurile nu-şi mai îndeplinesc rolurile, şi astfel să realizăm că nu erau înregistrate rachetele din Golf şi să încercăm să luăm legătura cu submarinele noastre. Ruşii ar observa aceasta, şi ar întări informaţia parţială pe care o deţineau. Ar putea chiar să vadă întăririle noastre întorcându-se în Vestul Mijlociu. Nu ar fi timp pentru o discuţie telefonică, şi oricum nu ne-am aştepta ca ruşii să spună adevărul şi viceversa.

Sunt convins că experţii militari ar putea puncta multe lipsuri ale acestui scenariu ipotetic, şi sper din tot sufletul că pot. Dar fără să mă asigur că lucrurile îmi sunt clare şi fără a studia sistemul timp de un an nu pot fi sigur că acest scenariu, sau oricare altul, iese complet din discuţie.

Ne putem imagina, deşi este foarte puţin probabil, că o defecţiune ar putea afecta canalul de comunicare dintre senzori şi NORAD. Am văzut că NORAD poate genera informaţii false de unul singur. Având în vedere complexitatea sistemului, nu este de neconceput ca eroarea care cauzează acest lucru ar putea în acelaşi timp să producă un canal de transmitere a erorii în sensul opus, în cadrul căruia informaţia falsă a ajuns pe ecranele satelitului şi radarului având o traiectorie ocolitoare.

Pe scurt, sistemul de detecţie-NORAD şi sistemele de măsurare cu senzoriprezintă un grad moderat al interacţiunilor. Liniaritatea sa se datorează faptului că subsistemele sunt independente unele faţă de celelalte, în mod intenţionat aflate la o distanţă considerabilă şi nu au multe componente în comun (deşi sunt câteva). Există un cuplaj destul de slab astfel încât sistemul să îşi poată reveni în cazul unor erori mici-B-52 urile nu trebuie să decoleze sau sunt chemate înapoiiar acţiunea finală depinde de stabilirea unui contact telefonic cu preşedintele în timp util şi de decizia acestuia. Sunt realizate anumite cuplaje slabe şi în interiorul sistemului în mod neglijent (iar mijloacele auxiliare de recuperare sunt extrem de valoroase deoarece pot acoperi împrejurări neprevăzute, care nu au fost luate în calcul de către cei

care au conceput sistemul). Sistemul PARCS a fost conceput iniţial ca parte a unui sistem împotriva rachetelor balistice cu scopul de a doborî rachetele ce ar avea ca ţintă ICBM. Acest lucru s-a dovedit a fi imposibil, dar sistemul funcţionează astăzi în scopul de verificare a altor senzori. Satelitul a atins performanţa de a semnaliza pericolul înaintea radarului, dar întrucât sateliţii sunt independenţi de sistemul radar, ei asigură astfel o verificare.

Trebuie, însă, discutat un ultim aspect. Fiecare parte încearcă să complice munca celeilalte părţi. Astfel, rachetele pot fi îndreptate către ţinte false doar pentru ca PARCS, Pave Paws şi BMEWS să fie induse în eroare; conştienţi de această posibilitate, cei ce lucrează la aceste companii ar putea să se hazardeze prea tare şi să confunde orice cu un posibil atac al ruşilor. Apoi, mai sunt şi perturbările produse de exploziile nucleare din spaţiu, care ar bloca majoritatea căilor noastre de comunicare; ar putea o pană de curent ce ar afecta zona cuprinsă între Colorado şi capitală să fie înţeleasă greşit şi atribuită unui atac al Rusiei prin utilizarea unei unde electromagnetice. Sistemul de apărare are avantajul de a creşte în complexitate. Nu numai că adăugăm dispozitive de siguranţă pentru a ameliora insuficienţele de la nivelul componentelor DEPOSE; lipsurile asupra cărora trebuie să ne îndreptăm atenţia sunt acelea pe care duşmanul (ce se presupune a fi extrem de inteligent şi inventiv) le speculează. Fiecare parte îi crează celelilalte impresia că scopul este de a anihila. Astfel, ne confruntăm cu o sursă de eroare pe care nu am mai întâlnit-o la niciun alt sistem. În mod ironic, întâlnim această eroare tocmai în cazul sistemului de care ar putea depinde soarta Pământului.

Răspunsul/ Replica

Odată ce se stabileşte că un avertisment prezintă credibilitate, sistemul de răspuns este, cel puţin în aparenţă, suficient de complex încât să ofere protecţie împotriva unui război accidental; este, însă, greu de imaginat că sistemul ar funcţiona cu adevărat. Desigur, acest lucru înseamnă că sistemul asigură o protecţie minimă în cazul unui atac. Întrucât se ajunge în situaţia de a nu mai avea niciun fel de „apărare", represaliile şi o gaură de mină ar fi soluţia salvatoare. Sistemul de comandament militar internaţional, de care aparţine şi NORAD, funcţionează la un nivel destul de precar, în ciuda miliardelor de dolari investiţi, încât suspectăm că sistemul său de arme strategice este, într-o foarte mare măsură, predispus spre eroare ca şi sistemul

de detecţie. Un amiral observa de curând că sistemul de arme strategice este atât de complex prin toate dispozitivele de siguranţă, precum controlul efectuat de câte două persoane, utilizarea de comenzi multiple, şi conferinţele, încât se întreba dacă ne-am putea menaja să utilizăm propriile arme nucleare în cazul unui atac evident. Detaliile presupusei complexităţi a sistemului nu sunt disponibile pentru a se putea face o analiză; se poate uşor presupune că sistemul nu prezintă linearitate.

Sistemul de răspuns prezintă un cuplaj mult mai strâns decât cel al sistemului de detecţie. Odată lansată, o rachetă balistică nu mai poate fi oprită sau distrusă. Un comandant de submarin şi ofiţerii săi pot să decidă lansarea rachetelor în cazul în care consideră că lipsa posibilităţii de a comunica cu managerii se datorează unui atac sovietic. Nu există însă nimic care să le certifice faptul că lipsa semnalului nu este un semnal în sineo problemă în cazul sistemelor cu cuplaj strâns. Şansele de a repara daunele unui atac accidental sunt aproape inexistente; mecanismul Doomsday este, de fapt, la locul lui. În realitate lucrurile stau chiar mai rău decât atât; ambele părţi pot comite greşeala de a ataca la cel mai mic avertisment. Acest lucru nu a putut fi anticipat nici chiar de Stanley Kubrick.

Concluzie

În concluzie, sistemul primar de avertizare prezintă o complexitate şi un cuplaj moderate, dar lucrurile nu stau chiar aşa dezastruos. Întrucât posibilitatea de catastrofă este extrem de mare, ar trebui să ne gândim la o viitoare independenţă în cadrul subsistemului şi la mai multe posibilităţi de coroborare. În special, am putea spera că un anumit aspect al sistemelor complexe, şi anume prezenţa unei ordini invariante, ar putea fi redusă, de exemplu, prin posibilitatea de a dezarma focosul şi de a distruge propriile rachete aflate deja în aer. Trebuie însă să observăm că în acest sistem, posibilitatea de a lansa greşit o rachetă este mare, şi cum este sigur că alarmele false sunt mult mai răspândite decât cele reale, această incapacitate ar putea fi chiar o calitate. Într-adevăr ne putem întreba dacă merită riscul de a lansa racheta către Rusia în cazul unei simple alarme false. Urmarea acestei reacţii este „Distrugerea reciprocă sigură” MAD.

Sistemul de reacţie este mult mai interactiv şi are un cuplaj mai strâns decât sistemul de avertizare (deşi cele două sunt greu de separat). Rachetele nu pot fi contramandate; în cazul în care

comandanţii submarinelor pierd legătura cu baza şi acţionează pe cont propriu, rachetele pot fi lansate accidental. Complexitatea sistemului îi limitează acestuia vina în cazul distrugerii Pământului, dar permite o primă lovitură inadvertentă. Rachetele ar putea fi lansate, nu datorită unei alarme false ce are la bază interpretarea greşită a semnalelor provenite din afară, ci din cauza semnalelor eronate generate în mediul intern.

În cazul sistemului de armament ne confruntăm cu alte complicaţii. În primul rând, există problema neobişnuită de eroare a erorilor ce echivalează cu un succes. Dacă sistemul de detecţie dă greş şi indică în mod eronat un atac, iar sistemul de reacţie eşuează în a da un răspuns, avem o reuşităadică nu începem un război. Nu ne putem însă baza că un eşec ne va asigura victoria. Însă probabilitatea ca aceste erori să apară, separat sau împreună (ceea ce scade probabilitatea ca ambele să dea greş) este mai mare, cred, decât posibilitatea ca primul atac să aparţină ruşilor. Există o posibilitate mai mare să răspundem în mod greşit la o alarmă falsă, decât posibilitatea ca ruşii să atace în mod intenţionat.

Totuşi, avem în acest caz un sistem cu adevărat interactiv. Nu ştim care este probabilitatea ca ruşii să lanseze un atac în mod accidental sau să lanseze un avertisment fals. Se presupune că şi ei se confruntă cu aceleaşi probleme legate de complexitate şi cuplaj ca şi noi (deşi unii cred că sistemul lor de rachete este, ca şi sistemele de arme convenţionale, mai puţin avansat din punct de vedere tehnologicadică, mai simplu şi mai slab cuplatdecât al nostru). Schimbările ce pot interveni în analiza riscului din acest plan pot fi asemănate unui labirint fără ieşire.

În final, prezentăm, pentru prima oară în această carte, un sistem în care mediul este intenţionat şi se activează singur. Duşmanul poate interveni în activitatea componentelor DEPOSE din focos: subminarea căilor de comunicare, furtul de schiţe, şi chiar coruperea operatorilor. Avem nevoie de dispozitive de siguranţă pentru a ne proteja nu doar împotriva unor defecţiuni ale unei părţi sau unităţi, dar şi împotriva abilităţii de a ascunde defecţiunea. Se adaugă astfel complexitate unui lucru care era deja destul de complex, şi se limitează posibilitatea de reabilitare după eşec înainte ca sistemul însuşi să se prăbuşească. Această creştere în complexitate şi cuplaj nu pare a înceta vreodată. Ideea valabilă în 1983, că sistemul primar de

avertizare este doar moderat în complexitate şi cuplaj, ar putea fi considerată depăşită din 1990 din cauza a ceea ce credem că ruşii fac pentru a interveni în sistemul nostru şi ceea ce cred ei că facem noi în acest sens. Precum am spus şi înainte, este ironic că cel mai important sistem de pe Pământ are acest surplus de complexitate şi cuplaj.

Tehnologia ADN recombinat

În ceea ce priveşte procesele de recombinare a ADN-ului, va trebui să facem o analiză anticipativă. Seria industriilor care se bazează pe această tehnologie abia începe să ia naştere. Nu au fost publicate prezentări ale sistemului de producţie în laboratoarele ADN, şi cu siguranţă nu au fost înregistrate niciun fel de accidente în acestea. Cu toate acestea, avem o idee destul de clară despre natura sistemului de producţie, şi câţiva oameni au scris pagini întregi despre pericolul ce se iveşte în cazul unui accident. Acest sistem pare să fie complex în ceea ce priveşte interacţiunile sale şi prezintă un cuplaj strâns, dar avertizez cititorul că ştiu prea puţine despre acest subiect, mai puţin chiar decât în cazul armelor nucleare.

Tehnologia ADN recombinat, sau îmbinarea celulelor, este o tehnică microbiologică ce le permite oamenilor de ştiinţă să grefeze informaţia genetică dintr-un organism în nucleul celulelor altui organism. Aceasta oferă biologilor posibilitatea de a crea noi forme de viaţă în anumite scopuri. Printre primele succese de acest gen se numără crearea bacteriei care poate produce molecule biologice compixe care pot fi utilizate în medicină, şi care s-au obţinut cu mare efort. Insulina umană, hormonul de creştere şi interferonul sunt printre primele astfel de produse biologice sintetice cu aplicaţii de larg consum. Ceea ce urmează depăşeşte cu mult aceste realizări; într-adevăr întregi sectoare ale economiei pot fi modificate. În industria chimică, se lucrează pentru a se crea micro-organisme care pot servi drept catalizatori în reacţiile chimice, în acest mod încercând să se evite utilizarea metodelor tradiţionale ce presupun temperaturi şi presiune mare. Anumite forme de bacterii pot fi create pentru a distruge deversările de petrol sau pentru a transforma deşeurile în surse de energie. Câţiva biologi consideră că producţia agricolă, aşa cum o percepem noi ar putea fi radical schimbată de crearea unor noi tipuri de plante, iar producţia de carne ar putea fi transformată prin substituirea cu „culturi de proteine unicelulare”. În sfârşit, această tehnologie deţine potenţial în îmbunătăţirea tehnicilor de bioenergie

asupra genelor umane bolnaveo tehnologie care să facă nici mai mult nici mai puţin decât să creeze sau să recreeze fiinţa umană. Este, pe scurt, un proces care prezintă nenumărate avantaje care ar putea să transforme nu doar economia, ci şi ceea ce ştim despre om.

Potenţialul comercial al ADN-ului stă, aparent, în speculaţia de creştere a capitalului în industrie, şi de centralizarea industriei ce are loc datorită companiilor bogate ce lucrează în domeniul petrolului. Primele patru mici companii de recombinare a genelor care au început cu câteva PhDs şi cu un capital de investiţie riscant la mijlocul anilor 1970 au ajuns în 1979 la o valoare a acestuia de 225 milioane de dolari. Până în 1982 se estimează că numărul companiilor a ajuns la 350. Marile companii famaceutice au intrat în acest domeniu destul de repede, desigur, şi au fost imediat urmate de industria chimică şi, în special, de marile companii petroliere. Mari sume de capital au fost alocate aplicaţiilor industriale ale recombinării de gene de către companii farmaceutice precum Dupont, Pfizer şi Monsanto iar dintre companiile petroliere enumerăm: Arco, Standard Oil of Indiana se occiedental Petroleum. Succesul comercial pe piaţa agricolă nu şi-a făcut simţită prezenţa înainte de 1990, dar a fost evident pe piaţa medicală.

Din păcate, acestor avantaje enorme le sunt caracteristice şi anumite riscuri enorme. Aceste industrii vor produce tehnologii noi; forme de viaţă unice, care nu au existat înainte, şi din anumite puncte de vedere prea puţin înţelese. În multe dintre aplicaţiile propuse, noi organisme vor fi introduse în mediu, în cantităţi enorme. Asemenea cantităţi pot produce interacţiuni total neprevăzute, nu există în experienţa noastră anterioară ceva care să ne ghideze în acest domeniu. Odată introduse, sunt foarte puţine şanse sau chiar deloc pentru a mai interveni în interacţiunile neaşteptate ce pot avea loc. Pamela Lippe din cadrul organizaţiei „Friends of the earth” ne avertiza la Congresul din 1977:

ADN-ul este probabil cea mai neiertătoare tehnică pe care am descoperit-o. Iradiaţiile pierd teren în faţa ei. Putem să nu mai facem preparate chimice toxice. Dar un nou organism are propria viaţă, odată ce a scăpat sau a fost eliberat, odată ce şi-a stabilit un adăpost ecologic, este probabil în afara posibilităţilor noastre să-l controlăm sau să îl eliminăm.

Potenţialul dezastruos al ADN-ului este diferit de cel al oricărui

alt sistem pe care l-am descris şi care nu eliberează substanţe toxice sau explozive în mediu, dar care mai degrabă creează legături între sisteme care înainte nu aveau nicio interacţiune, şi între care nu se putea prevedea că va exista o legătură. Odată legătura creată, ea nu poate fi controlată. Acesta poate fi începutul unei catastrofe de proporţii uriaşe. Ştim câte ceva despre interacţiunea produselor chimicale toxice cu mediul, şi atâta timp cât acestea nu sunt organisme noi cu comportament imprevizibil, ne putem face o idee despre însemnătatea problemei doar prin analizarea acestei simple interacţiuni dintre sistem şi mediu. Cel mai cunoscut exemplu este, probabil. DDT. Cartea lui Rachel Carson, „Silent Spring" din 1962 a fost prima care a familiarizat publicul şi mulţi oameni de ştiinţă cu ideea unui lanţ de efecte neaşteptate ce apar după utilizarea de DDT, endrin, dieldrin sau alte pesticide asemănătoare. Pericolul pe care l-a descoperit a fost nu acela al unei otrăviri directe, care era observabil şi uşor descifrabil. Carson a subliniat, în schimb, că aceste otrăvuri se măresc în ţesut viu. Pe măsură ce se mută, de la plante către mici erbivore şi apoi către o succesiune de carnivore din ce în ce mai mari, otrăvurile devin din ce în ce mai concentrate în ţesut viu. Interacţiunea neprevăzută în acest caz a fost nu otrăvirea directă a oamenilor ci mai degrabă realizarea faptului că varietatea de mâncare cu care plantele, animalele mici şi omul se află în legătură este afectată. Urmările sale sunt foarte grave ajungându-se până la afectarea fotosintezei la fitoplancton şi la distrugerea sistemului reproducător la păsări.

Scenariile imaginate de către oamenii de ştiinţă în legătură cu eventualele accidente rezultate din producerea de ADN recombinat sunt similare cu aceste accidente DDT. Ele presupun formarea unei legături neaşteptate între sisteme iniţial separate, precum şi deţinerea unor cunoştinţe limitate despre procesul de interacţiune şi a unor informaţii indirecte despre consecinţele acestora. Aceste scenarii reprezintă accidente ale ecosistemului care rezultă din intervenţii intenţionate asupra sistemului ecologic.

Nu toate aceste accidente ecologice se datorează sistemului. Scurgerile de petrol din Santa Barbara, surplusul de deşeuri toxice din „Canalul Dragostei" şi contaminarea cu dioxină din Seveso, Italia sunt accidente datorate unor defecţiuni ale unor componente ale sistemului. Ele sunt rezultatul unor proiecte slabe, deficienţe la nivel operator sau eficacităţii scăzute a echipamentului. Compania Hooker

Chemical era conştientă de pericolul reprezentat de deşeurile toxice îngropate de ei în „Canalul Dragostei”. Firma elveţiană de medicamente Hoffman-Laroche, din LaRoche era conştientă de pericolul de contaminare cu dioxină pe care îl prezenta uzina lor din Seveso şi, de aceea funcţionarii au fost instruiţi să ofere cât mai repede despăgubiri vecinilor care sufereau de pe urma activităţii uzinei şi le mureau multe animale. Ştiind că dioxina era un derivat al pesticidului produs în uzină, ei nu au permis ca producţia să se realizeze în propria lor ţară, unde aveau şi toate sediile, şi au decis să amplaseze uzina într-o zonă murdară din nordul Italiei. Când reactorul chimic a explodat, într-un sfârşit de săptămână în care a fost lăsat nesupravegheat, dispozitivul de siguranţă a protejat uzina, determinând eliberarea otrăvii în aer printr-un horn fiind apoi împrăştiată peste comunitatea din împrejurimi. Funcţionarii uzinei au evitat panica publică prin ascunderea adevărului. Componentele eşuează în accidente precum acestea, iar riscul de scurgeri de petrol, deşeuri toxice sau explozii ale reactoarelor chimice ar trebui nu doar anticipate ci şi foarte bine evaluate.

În cazul accidentelor ecosistemelor, riscul nu poate fi dinainte măsurat, iar evenimentul iniţialcare de obicei nu este reprezentat de o defecţiune a componentelordevine legat de un alt sistem de care se credea că este independent. Existenţa celorlalte sisteme nu este prevăzută în ordinea aşteptată a procesului de producţie. Legătura nu numai că este neaşteptată, dar odată realizată ea nu poate fi pe deplin înţeleasă şi nici nu se poate depista cu uşurinţă cauza producerii ei. Cunoaşterea materialelor fabricate chiar de către om în acest nou domeniu al ecologiei este extrem de limitată datorită chiar gradului mare de noutate.

Accidentele ecosistemului ilustrează strânsa apropiere dintre sistemele create de om şi cele naturale. Există foarte puţine dispozitive care le separă deoarece nu ne-am fi aşteptat ca cele două sisteme să se conecteze vreodată între ele. Accidentele ecosistemului au la bază, de fapt, o eroare de proiectare, şi anume stabilirea incorectă a graniţelor sistemului.

Încă din momentul în care ştiinţa a început să realizeze în laborator procese fizice, chimice şi biologice complexe, activitatea sa a devenit foarte nocivă asupra ecosistemului. Frecvenţa intervenţiilor neintenţionate asupra ecosistemului se va mări pe măsură ce noi

procese vor fi descoperite. De când Rachel Carson şi-a publicat studiul, oameni de ştiinţă şi activişti au devenit mult mai preocupaţi de potenţialul distructiv pe care îl prezintă aceste interacţiuni. Au încercat să anticipeze lucruri ce nu puteau fi prevăzute în mod normal. Această formă de conştiinţă ecologică a atins cel mai înalt nivel la începutul anilor ’70 când biologii moleculari şi-au pus pentru întâia oară problema existenţei unui pericol catastrofal al unei tehinici netestate încă, şi anume recombinarea de material genetic provenit de la specii complet diferite, precum şi implantarea acestuia într-o gazdă voită sau nu. O analiză a modului în care acest lucru a fost tratat de către comunitatea ştiinţifică va fi instructiv pentru studierea implicaţiilor ce se regăsesc la alte sisteme complexe, strâns legate între ele. Dar înainte de a discuta despre acest lucru, este necesar să facem o scurtă introducere în tehnologia ADN-ului recombinat.

Recombinarea genetică

Tehnologia de recombinare, mai cunoscută sub numele de combinarea genelor, implică un set de tehnici ce permite oamenilor de ştiinţă să folosească enzime speciale pentru a diviza cele două catene ale moleculei de ADN şi apoi pentru a recombina părţile obţinute cu ADN-ul unui purtător, numit „vector”. Aceste molecule recombinate sunt apoi introduse într-o gazdă unde se presupune că se vor înmulţi. Prin combinarea ADN-ului străin într-un vector care în mod normal este un duplicat al organismului gazdă oamenii de ştiinţă sunt capabili să inducă gazdei „expresia” materialului genetic străin. De exemplu, dacă ADN-ul străin ar purta informaţie genetică provenită de la hormonul creşterii, ar putea fi apoi combinat cu un vector care s-a înmulţit deja într-o bacterie. Bacteria-gazdă ar începe apoi să producă hormon de creştere uman. Acest lucru s-a realizat în realitate. Înainte însă, a fost necesar ca hormonul de creştere să fie extras din sânge uman. Acest lucru a fost destul de costisitor. Producerea de către bacterie a unor cantităţi mari de hormon ar fi o reuşită extraordinară în tratamentul dereglărilor de creştere la copii.

Dar încă de la începutul practicării acestor tehnici au apărut şi controverse în jurul aplicaţiilor de nestăpânit ale acestor intervenţii asupra organismelor care erau în mod evident destul de periculoase. Un biochimist de la Stanford, Paul Berg, plănuia să introducă Virusul Simian 40 (SV40), care cauzează tumori la maimuţe, în E.coli, o bacterie ce abundă în ţesut uman şi care este foarte folosită în

cercetări ştiinţifice. Existau dovezi care arătau că SV40 ar putea altera celulele umane în aşa fel încât să semene cu celule tumorale, în aceasta constând pericolul cel mai mare. Modificând cu uşurinţă un virus ce ar putea fi carcinogen la oameni, ar putea fi creat un organism nou care să fie chiar mai periculos decât organismul părinte. Mai important însă, prin transplantul genei ofensive într-o bacterie-gazdă, precum E.coli, s-ar fi putut ajunge la crearea unei bacterii care dacă ar fi scăpată de sub control ar putea produce o epidemie de cancer. Robert Pollack, microbiolog, a aflat acest lucru de la un student al lui Berg, care era în trecere pe la laboratorul Cold Spring Harbor pentru un seminar de vară. Pollack a fost, probabil, primul care a prevăzut pericolul ce se ascundea în spatele creării unui hibrid cu o infecţie ce s-ar putea propaga în organismul uman. El l-a contactat pe Berg cu care a avut o discuţie foarte aprinsă.

În decursul următoarelor şase luni Berg a avut conflicte cu colegii săi din toată ţara. Ca urmare, el a amânat experimentul SV40. În iunie 1973 şi alţi oameni de ştiinţă şi-au exprimat temerile în acest sens către Academia Naţională de Ştiinţe (NAS). NAS i-a cerut lui Berg să formeze un comitet care să discute problema siguranţei recombinării ADN-ului. Grupul NAS a fost convocat în aprilie 1974 la M.I.T. Decizia acestora a fost să organizeze o conferinţă internaţională şi să ceară moratoriu voluntar despre anumite tipuri de experimente asupra recombinării, considerate de către grup a fi riscante. Trebuie menţionat că un astfel de moratoriu este unic în istoria ştiinţei. A fost declanşat de o presiune foarte mare şi întărită de faptul că iniţiatorii lui făceau parte din elita biologiei moleculare.

Conferinţa internaţională a avut loc şapte luni mai târziu, în februarie 1975, la Centrul de Conferinţe Asilomar din Pacific Grove, California. Participanţii au încercat pentru început să facă o gradare a riscului pe care îl prezentau diferite experimente. Rezultatul conferinţei a fost realizarea unei scale de 3 nivele de măsurare ce exprimau gradul de risc pe care îl prezentau diferite experimente. Intenţia a fost să stabilească anumite bariere între moleculele de ADN recombinat şi mediul înconjurător. Numai în cazul în care această barieră nu şi-ar îndeplini scopul ar putea să apară un accident. 18 luni mai târziu, după lungi dezbateri şi dispute în cadrul comunităţii de cercetare, planurile aproximative prezentate la conferinţa de la Asilomar au fost transformate în adevărate principii NIH.

Altfel spus, oamenii de ştiinţă reduceau riscul decuplând un sistem ce ar putea fi strâns legat de mediul înconjurător. Eforturile lor au fost îngreunate 1) de faptul că toate scenariile de accidente erau ipotetice, bazate pe cunoştinţe limitate şi 2) de către politicile implicate în restricţionarea anumitor sectoare de cercetare ştiinţifică extrem de valoroase şi înfloritoare, şi cu un potenţial comercial foarte ridicat.

În stabilirea principiilor NIH, oamenii de ştiinţă au fost nevoiţi să determine potenţialul de risc al unei game mari de experimente şi apoi să stipuleze condiţiile sub care anumite experimente pot fi efectuate. Au început prin încercarea de a identifica experimentele cu cel mai ridicat nivel de risc şi le-au interzis. Cercetătorilor le-a fost interzis să lucreze cu o serie de organisme clasificate, de către Centrul de Control al Bolilor şi Institutul Naţional de Cancer, drept patogene, ce cauzează boli, sau oncogene, ce cauzează tumori. Anumite gene au fost de asemenea interzise, printre ele numărându-se gene ce codifică toxine, organisme patogene sau rezistentă la medicamente. Apoi, oamenilor de ştiinţă li s-a interzis să elibereze în mediu, în mod voit, orice substanţă recombinată, precum şi utilizarea lor în cercetarea agricolă. În final toate experimentele trebuiau făcute la scara mică, pe o cultură de mai puţin de zece litri. Utilizând organisme mai mici şi nonpatogene, al căror comportament era bine determinat, cei ce au realizat aceste principii au sperat să limiteze nesiguranţa.

Însă eliminarea riscurilor uşor de prevăzut a fost doar un prim pas. Mult mai importante erau legile privind controlul. Strategiile de controlare erau de două tipuri, biologic şi fizic. Ambele presupuneau nivele gradate de control care trebuiau să fie potrivite cu nivelul de risc al experimentului făcut. Principiul aflat la baza controlului biologic este acela că fiecare subsistem trebuie neapărat să fie o barieră în procesul de transmitere. Aceasta înseamnă că, genele virale, vectorii şi gazdele ar fi modificate, pe cât de mult posibil astfel încât să îndeplinească un scop unic, fără a fi însă capabile de a realiza alte interacţiuni. Astfel, plasmidele (un tip de vector) au fost alese datorită incapacităţii lor de a interschimba gene între celule gazdă, precum E.coli, erau prea slabe pentru a supravieţui în afara laboratorului.

Astfel, în controlul biologic subsistemele serveau drept unităţi funcţionale pe de-o parte şi drept bariere, pe de altă parte. Folosirea acestor bariere limita graniţele cercetării. Când au fost stabilite aceste

principii, un număr limitat de vectori şi gazde putea fi utilizat în experimente. Aceste limite au fost puse la îndoială încă dinainte publicării principiilor. De fapt, au apărut multe cazuri în care cercetători au fost descoperiţi că lucrau cu virusuri şi vectori interzişi. În general, cel mai mare neajuns al aceste forme de control este că restrânge foarte mult posibilitatea de inovaţie ceea ce duce la pierderea unor oportunităţi în cazul în care sistemul de producţie face parte dintr-o economie concurenţială.

Cealaltă formă de control, cel fizic, este bazat pe proceduri tradiţionale de separare a organismelor potenţial patogene de mediu. Cel mai jos nivel de control fizic este adesea comparat cu procedurile standard de laborator ale unui microbiolog foarte bine pregătit. Majoritatea acestor proceduri au ca scop protejarea culturii-subiect de contaminarea cu specii străine, însă efectul de barieră acţionează în sens dublu. Nivele mai înalte de control, cunoscute ca P2 şi P3, includ sterilizarea, spălarea mâinilor, geamuri etanşe, filtre de evacuare, camere de siguranţă speciale dacă se împrăştie substanţă în aer. Cel mai înalt nivel, P4, presupune schimbarea tuturor obiectelor vestimentare, duşuri, şi menţinerea unei presiuni negative a aerului pentru a păstra toate particulele în interior. În momentul în care au fost emise principiile, câteva universităţi începuseră deja construcţia instalaţiilor P3. Numai guvernul dispunea de o instalaţie P4, şi anume fostul centru de război bacteriologic din Fort Detrick, Maryland.

În doar câţiva ani, oricum, comunitatea ştiinţifică a făcut o schimbare radicală în ceea ce priveşte reglementarea tehnologiei ADN. Înfruntându-se cu principii severe ce le interziceau anumite tipuri de cercetări, biologii au început să reevalueze riscurile prezentate de procedurile ADN pentru a diminua frica oamenilor. Cel mai publicat experiment privind potenţialele pericole a fost studiul lui Martin şi Rowe. Ei s-au întrebat cât de periculos ar putea fi un recombinat scăpat de sub control dacă ar primi o genă de la un organism donator letal. Pentru a răspunde la această întrebare, ei au introdus informaţia genetică de la un virus de cancer în E.coli şi au infectat câţiva şoareci cu noua bacterie. Ei au descoperit că bacteria nouă fie era non-infecţioasă sau mult mai puţin contagioasă (cu un coeficient de unu la un miliard) decât virusul de cancer în sine. Martin şi Rowe au simţit că acest lucru va risipi orice teamă că un organism scăpat din mediul lui ar putea ridica vreo problemă de sănătate. Precum a

explicat Rowe, cercetarea a demonstrat că nicio particulă extrasă dintr-un virus de variolă şi introdusă în E.coli, nu ar putea reprezenta un pericol în cazul în care se lucrează cu ea în laborator. „Acest principiu se aplică tuturor virusurilor tumorale şi chiar virusului letal Lassa" a insistat Rowe. Rezultatul acestei cercetări precum şi creşterea în familiaritate cu tehnologia a fost că biologii au reuşit să împiedice acceptarea legislaţiei federale propuse, privind restricţiile cercetării ADN. Până în septembrie 1979 Comisia de Experţi în Reombinare (RAC) a NIH a votat pentru eliminarea a 80 – 85 procente din procedurile de siguranţă în laborator pentru cercetările ADN. De fapt, în mai puţin de trei ani s-a produs o schimbare radicală de atitudine a RAC vizavi de risc. Schimbarea a fost descrisă de către Thomasson ca evoluând de la protecţie împotriva cazului cel mai grav posibil la protecţia împotriva unui risc puţin probabil.

Trebuie însă pusă şi întrebarea dacă noile probe justificau o îndepărtare aşa de mare de politica faţă de risc ce fusese implementată în anii '70. Există destui oameni de ştiinţă care susţin că experimentele lui Martin şi Rowe nu trebuie sub nicio formă să fie luate drept probe concludente care demonstrează că regulile stricte de siguranţă nu sunt necesare. Într-adevăr, criticii au subliniat faptul că oamenii de ştiinţă nu ar trebui să se concentreze asupra faptului că bacteria recombinată era mai puţin contagioasă decât tumoarea în sine, ci ar trebui mai degrabă să observe că aceste experimente demonstrează definitiv că urme letale pot fi transferate prin tehnici ADN. În experimentele coordonate de Martin şi Rowe, „aproximativ jumătate din numărul şoarecilor cărora le-a fost administrat un bacteriofag ce conţinea o formă dimerică de ADN recombinat" au contactat infecţia polyoma. Pentru anumiţi cercetători aceste rezultate au sugerat că important la aceste experimente este faptul că ele demonstrau cum cercetarea ADN ar putea de fapt crea un nou mijloc de transmitere a unor infecţii atât de grave.

Au fost exprimate şi alte scenarii ce sugerau că această complexitate unică şi subtilă a organismelor recombinate ar putea conduce la formarea unor afecţiuni serioase de sănătate doar prin interacţiunea cu sisteme biologice în moduri noi şi ca urmare ce nu pot fi barate. Poate cel mai bun exemplu de scenariu al unui accident în acest domeniu este bazat pe răspunsul autoimun la oameni. Un astfel de caz presupune îmbinarea unei proteine provenite de la un donator

de origine animală cu o bacterie gazdă precum E.coli. Printr-un accident minor, E.coli s-ar putea stabili în tractul intestinal al laborantului. Recombinatul ar începe să producă proteina animală în sistemul celui ce lucrează în laborator. Proteina animală are o structură similară cu cea umană. În mod normal, sistemul de imunitate al laborantului s-ar activa şi ar ataca proteina străină. Însă, din cauza similarităţii de structură, anticorpii nu ar putea distinge între proteina străină şi cea locală. Subsistemul de imunitate ar ataca astfel ţesutul sănătos al laborantului. Acest proces este numit boala autoimunităţii. În timp ce imunologii consideră că probabilitatea unui astfel de scenariu este foarte scăzută, ei nu pot respinge cu totul această ipoteză.

Indiferent ce parte se susţine în această dezbatere, un lucru este sigur. Cea mai mare ironie din istoria tehnologiei ADN este că îngrijorările serioase ale comunităţii ştiinţifice înregistrate la Asilomar în 1975 s-au întors împotriva lor încât acum există o aversiune foarte mare şi o rezistenţă crescută la impunerea de reguli involuntare asupra cercetării ADN. Dacă această aversiune ar fi atât de incontestabilă şi de răspândită şi în cazul în care comunitatea ştiinţifică nu ar fi fost forţată să accepte legislaţia de la sfârşitul anilor ’70, este o întrebare al cărui răspuns putem doar să îl speculăm. Pare foarte posibil ca o moştenire importantă a experienţei obţinute prin necesitatea de organizare şi implementare a unui efort intens de influenţare la Washington să fi fost o creştere a ezitării oamenilor de ştiinţă implicaţi în domeniul ADN să pună la îndoială în mod deschis siguranţa acestor proceduri. O astfel de reacţie nu este deloc surprinzătoare, iar extinderea unei astfel de atitudini nu a fost băgată în seamă de mulţi comentatori. Ceea ce este extrem de deranjant la o asemenea ocolire a subiectului, este sugestia că anumite sancţiuni date de autorităţi precum termenul de posesiune, şi disponibilitatea fondurilor de cercetare sunt folosite ca un imbold de a descuraja opoziţia să îşi exprime părerea şi de a face valuri. Fie că acceptăm sau nu aceste afirmaţii, este de menţionat faptul că această atitudine de a permite orice în cercetarea ADN distinge clar efortul cercetătorilor americani de climatul altor ţări. Tehnologia de combinare a genelor din Marea Britanie, de exemplu, este constrânsă de un set de reguli foarte dure ce solicită „monitorizare medicală, studii epidemiologice pe termen lung, analiza anterioară a experimentelor ADN recombinat

şi inspecţia periodică asupra echipamentului de cercetare precum şi nivelele de control ce tind să fie mai mari decât cele din Statele Unite". Japonezii, acum antreprenori tehnologici de primă mână, au implementat un set strict de politici naţionale ce se ghidează după principiile Asilomar ale Institutului National de Sănătate (NIH). Planul economic pe care l-am observat la început, interesul crescut al indivizilor, firmele interesate de profit, şi popularitatea la bursă a unor firme americane precum Genetech ar putea fi factori ce influenţează această diferenţă internaţională.

Când această discrepanţă a fost adusă la cunoştinţă comunităţii americane de cercetare, reacţia lor a fost să sugereze că reglementări mai dure ar fi mult prea restrictive şi ar împiedica evoluţia cunoaşterii în domeniul ştiinţific. Observând că japonezii s-au încătuşat pe ei înşişi prin adoptarea unor reguli de siguranţă foarte dure, Dr. Peter Farley de la firma Cetus susţine că din această cauză japonezii nu mai sunt la fel de competitivi în domeniu. În anul 1980, estimând că japonezii sunt cu trei-cinci ani în spatele americanilor, Dr. Farley sugera că Japonia:

…pe de altă parte constituie o mai mică ameninţare. În general, oamenii de ştiinţă japonezi sunt microbiologi extraordinari. Cu toate acestea, în momentul de faţă ei prezintă un handicap foarte mare deoarece Japonia a adoptat principiile foarte stricte ale NIH. Aceste măsuri lipsite de prevedere luate de către organele de reglementare japoneze au fost primite cu surprindere în magazinul nostru.

Dar precum au evidenţiat şi autorii articolului citat mai sus, grija domnului Farley cu privire la potenţialele efecte sufocante ale contrulului asupra magazinului său a fost contracarată, când, un an mai târziu el şi-a exprimat îngrijorarea cu privire la faptul că japonezii au avansat atât de mult în domeniu încât la acel moment se aflau numai cu un an în urma americanilor.

În sublinierea competitivităţii cercetării sale, Dr. Farley aduce în discuţie ceea ce pare a fi cea mai importantă şi poate chiar cea mai deranjantă schimbare din domeniul ADN de la întemeirea lui. Graba de a stimula progresul în domeniu ar putea avea mai puţin de a face cu partea beneficiilor ştiinţifice şi mai mult cu interesele economice aparente. Se pare că cercetarea în domeniu este din ce în ce mai des percepută ca o competiţie economică decât una ştiinţifică, iar unele universităţi profită la maximum de potenţialul economic.

Deşi nu am petrecut timp în niciuna dintre cele două locaţii,

pare destul de posibil ca atenţia asupra posibilelor riscuri să fie mult mai mare în laboratoarele de cercetare ale universităţilor decât în laboratoarele comerciale. Tehnicienii din universităţi lucrează sub mai puţină presiune comercială, sunt probabil mai bine instruiţi, efectuează o gamă variată de experimente, căpătând astfel o cunoaştere mai generală, şi sunt verificaţi îndeaproape de către absolvenţi şi profesori. Cu siguranţă că laboratoarele universităţilor prezintă acest avantaj, însă cariera absolvenţilor (care fac cea mai mare parte a muncii, şi care în scurt timp devin doctoranzi) şi a cercetătorilor (de cele mai multe ori profesori) nu depinde de producţia rapidă şi în cantităţi mari sau de descoperirea a ceva ce funcţionează pur şi simplu. Eforturile lor trebuie documentate cu grijă, repetate, scrise adecvat pentru publicaţii profesioniste şi revăzute de către examinatori. Presiunea de a fi „primul" este mare, dar sistemul pune accent pe grijă, documentare şi, probabil cel mai important, pe înţelegerea ştiinţifică. Eu cred că riscurile unui accident încă există, dar nu sunt la fel de mari ca într-un laborator comercial.

În laboratorul comercial, presiunea economică ar apărea pentru a sublinia procesul repetat de încercare şi eroare ce are scopul de a găsi rezultate care să funcţioneze, fără a se pune problema unor semnale de alarmă. Este puţin probabil ca procedurile şi rezultatele să facă subiectul unor analize ale examinatorilor, unde ar putea fi depistate erori; de aceea se fac presiuni pentru a se trece la producţia comercială cât mai curând posibil, pentru a se reduce costurile. Există mai puţine capcane în acest mediu. Nu există niciun motiv să credem că, aflate sub o presiune financiară imensă firmele care ar pune primele în vânzare noile organisme, ar fi mai puţin întâmplătoare sau neglijente decât firmele de înaltă tehnologie aerospaţială care au lăsat fragmente de metal în costumele spaţiale, au blocat ţevile de apă, contaminând apa de băut a astronauţilor. Era mai uşor să fi conştient de implicaţiile acestor neglijenţe. Va fi extrem de dificil să recunoşti implicaţiile unor lipsuri în spaţiul restrâns al laboratorului, sau, odată ce produsele au fost lansate pe piaţă, într-un mediu în care interacţiunile sunt mult mai puţin previzibile.

Nicholas Wade şi-a exprimat punctul de vedere folosind termeni pe înţelesul nostru: „Nici nu putem să prezicem în totalitate comportamentul sistemelor făcute de mâna omului precum uzine nucleare, să spunem, deci cum să prezicem comportamentul unor

sisteme mult mai complicate precum E.coli, despre a căror funcţionare ştim doar jumătate".

Această comparaţie ar fi respinsă de către comunitatea biologilor; din experienţa mea aceştia, ca şi inginerii chimişti şi spaţiali nu îi consideră pe inginerii din industria energiei nucleare adevăraţi oameni de ştiinţă. Dar am văzut că sistemele complexe depăşesc adeseori capacităţile inginerilor şi inventatorilor din toate domeniile. O doză de umilinţă, precum cea arătată la conferinţa Asilomar, pare să fie necesară. Spre deosebire de aceştia, cercetătorii din laboratoarele comerciale şi din universităţi cred că ştiu tot ce trebuie ştiut despre riscurile pe care le implică tehnologia. Într-un comunicat personal, Sheldon Krimsky sugera că s-a ajuns la un fel de ortodoxism care susţine că „materialul genetic fie va face ceea ce trebuie dacă este înlocuit, fie nu va avea niciun efect". Din poziţia favorabilă a sistemelor analizate în această carte, această impunere a încrederii oarbe pare nerealistă. În graba noastră de căutare a succesului ştiinţific sau a profitului personal s-ar putea să pregătim un ultim accident; într-adevăr poate că acesta a avut deja loc.

CAPITOLUL IX

A trăi în condiţiile existenţei unor sisteme de risc înalt

O întrebare crucială care poate să fi existat în mintea dumneavoastră citind această carte: ce este de făcut? După ce am analizat toate aceste sisteme ce anume propun ca soluţie? Am cea mai modestă propunere, dar deşi modestă, şi, cred, realistă, probabil nu va fi urmată. Propun utilizarea analizelor noastre pentru a împarţi sistemele de risc înalt în trei categorii. Prima cuprinde sistemele care sunt fără speranţă şi ar trebui abandonate pentru că riscurile inevitabile surclasează orice beneficii raţionale (arme nucleare, puterea nucleară). În a doua categorie intră sistemele fără de care nu ne-am putea descurca, dar al căror risc poate fi redus printr-un efort considerabil (transporturile marine), sau beneficiile aşteptate sunt atât de importante încât anumite riscuri trebuie asumate, dar nu atât de multe ca cele pe care ni le asumam acum. (cercetarea şi producerea ADN-ului). În final a treia categorie include acele sisteme care, în timp ce se autoreglează cu greu în toate privinţele, sunt autoreglatoare pana la un anumit punct şi pot fi îmbunătăţite cu un efort destul de mic. (uzine chimice, avioane şi controlul traficului aerian şi unele sisteme pe care nu le-am examinat în profunzime dar trebuie menţionate aici,

precum exploatarea minieră. Uzine pe bază de combustibili fosili, autostrăzi şi siguranţa automobilă. Baza acestor recomandări constă nu doar în potenţialul sistem de accidente catastrofale ci şi în sistemul erorilor catastrofale componente. Consider ca recomandările corespund opiniilor şi valorilor publice.

Deşi am străbătut o cale lungă de la ibricul spart de cafea prin care am început această carte, înainte de a concluziona prin aceste recomandări trebuie să confruntăm încă trei obiecţii substanţiale la adresa oricărei recomandări care implică abandonarea sistemelor sau unele modificări drastice şi costisitoare.

(1). Recomandările mele sunt probabil judecate greşit dacă opiniile ştiinţifice asupra riscului valabile în prezent sunt corecte. Opinia curentei teorii asupra riscului sugerează că lucrurile care mă îngrijorează cel mai mult (puterea nucleară şi armele) nu au făcut aproape niciun rău oamenilor, de vreme ce acele lucruri cărora li s-ar putea aplica o corecţie minoră (precum uzine pe bază de combustibili fosili, siguranţa automobila, săpăturile miniere) au avut efecte foarte nocive. Estimarea riscului este o nouă ştiinţă, dar a ocupat în mod evident o arie extinsă în guvernământ şi în multe cercuri de intelectuali şi se va extinde în următoarele decenii. Totuşi această ştiinţă merită o examinare minuţioasă.

(2). Recomandările mele pot fi de asemenea greşite dacă poate fi demonstrat faptul ca ele sunt contrare opiniilor şi valorilor publice, sau, dacă ele nu sunt contrare acele opinii şi valori publice sunt greşit informate şi ar trebui corectate, mai degrabă decât respectate. Rezultă că există destule lucrări interesante în psihologia cognitivă care sugerează ca publicul este greşit informat şi greşit echipat, din cauza manierei în care raţionează, pentru a lua decizii importante asupra unor lucruri complexe. Consider ca aceste lucrări se supun greşelii şi voi schiţa pe scurt o critică generală a lor, având în vedere că o critică completă necesită multe detalii, spaţiu şi discuţii mai ample decât cele pe care ni le putem permite aici.

(3). O a treia obiecţie adusă recomandărilor mele este mai apropiată de teoria cărţii. Aceasta spune că există o cale pentru a pune în funcţiune aceste sisteme, în afara oricărui risc. sunt necesare doar organizaţii care să elimine erorile, autoritare, rigid disciplinate, precum, spre exemplu, se pare că au submarinele nucleare. Există o soluţie organizaţională, acest punct de vedere este argumentat. Doar

ca noi nu am fost binevoitori să punem asemenea organizaţii la locul lor. Vom avea mult de spus despre această obiecţie, de vreme ce întreaga carte constă, într-un anumit sens, într-o analiză organizaţională.

Avem astfel patru cerinţe: să examinăm noul domeniu de estimare a riscului, din moment ce îndeamnă la sumarea unor riscuri pe care le consider inacceptabile şi impropriu evaluate; a examina domeniul luării deciziilor, de vreme ce se susţine că publicul este slab echipat pentru a juca un rol în luarea deciziilor asupra riscului; a examina dilemele organizaţionale inerente sistemelor de înalt risc, şi în final, să arătăm cum analiza acestor trei probleme, plus analiza noastră asupra accidentelor sistemului de aparatura şi caracteristicile ei, ar putea duce la câteva recomandări modeste pentru reducerea riscurilor pe care ni s-a spus că trebuie să ni le asumăm. În concluzie, voi susţine, a trăi în apropierea sistemelor riscante înseamnă păstrarea controverselor vii, ascultarea publicului, recunoaşterea naturii politice esenţiale a evaluării riscului. În definitiv, problema nu este riscul, ci puterea; Puterea de a impune riscuri celor mulţi pe seama beneficiului celor puţini.

Evaluarea Riscului

Nu surprinzător, apariţia atâtor procese catastrofale iniţiate de om (al şaselea pronume corespunde de aceasta dată) a ocazionat îngrijorarea publică şi, în schimb, un răspuns din partea vânzătorilor acestor procese şi un anumit număr de oameni de ştiinţă sociali. A rezultat un întreg nou domeniu de anchetă: analiza beneficiilor în urma riscului sau evaluarea riscului. Deşi nu este atât de periculos ca şi sistemele pe care le analizează, evaluarea riscului are propriile sale riscuri şi astfel le vom lua în considerare pe amândouă şi îngrijorarea publicului greşit informat. După cum am văzut în comentariul asupra erorilor de operare, realităţile nu sunt întotdeauna aşa cum le văd experţii.

Activitatea de evaluare a riscului nu este nouă. Oamenii care deţin puterea au solicitat întotdeauna evaluările riscului. Nicio decizie importantă nu poate fi făcută fără un calcul prealabil al beneficiilor şi costurilor. Şamani, preoţi, consilieri juridici, astrologi, avocaţi şi aşa mai departe au fost creatorii legilor şi deţinătorii de proprietăţi de-a lungul istoriei umanităţii. Dar odată cu creşterea şi centralizarea puterii consecinţele deciziilor au crescut, făcând evaluarea încă şi mai

importantă. De vreme ce activităţile tehnologice au generat cele mai multe riscuri, oamenii de ştiinţă şi inginerii au înlocuit şamanii în rolul de consilieri.

Cele mai multe dintre potenţialele noastre sisteme catastrofice nu sunt noi, şi au constituit deja subiectul unor forme primitive de evaluare a riscului. Mineritul, produsele chimice, dezastrele produse de muniţii ne-au însoţit vreme de două secole. Eşecul podurilor şi vaselor apare încă din antichitate. Nici dezastrele feroviare şi aeriene nu sunt atât de vechi precum mersul schimbărilor geometrice al armăturilor. Dar a treia şi a patra parte a victimelor nu au fost prezente într-un număr catastrofic pentru sistemele mai vechi de risc. Vasul lui Odysseus nu a poluat ţărmul Mării Mediterane şi nu a putut distruge foarte mult din oraşul Texas. Bombardierele din cel de-al doilea război mondial nu se puteau prăbuşi într-o clădire cu arme nucleare, după cum s-a întâmplat în baza unei companii neidentificate în 1956. Uzinele chimice nu erau atât de mari, atât de aproape de comunitate şi nu generau asemenea explozibil şi chimicale toxice. Companiile aeriene nu era aşa de mari, numeroase sau apropiate de un număr atât de mare de comunităţi. Şi doar recent riscul radiaţiei unui accident al unei uzine nucleare a fost resimţit pe aproape fiecare secţiune dens populată a ţării noastre. Vechile sisteme au acum un mai mare potenţial catastrofic deoarece ele sunt mai mari şi mai aproape de noi, şi avem noi sisteme care sunt în sine mult mai periculoase. Cu puterea nucleară, armele nucleare, recombinarea ADN-ului, avem în întregime noi sisteme cu un potenţial catastrofic pentru a treia şi a patra parte din victime-spectatorii inocenţi şi generaţiile viitoare. Sunt puţine limite pentru aceste catastrofe în spaţiu sau în viitor.

Când societăţile înfruntă un rău exploziv, nou, numărul evaluatorilor riscului probabil este în creştere-fie ei şamani sau oameni de ştiinţă. Nu cred că este o exagerare să afirm că rolul lor nu este doar să informeze şi să sfătuiască stăpânii acestor sisteme asupra riscurilor şi beneficiilor, dar de asemenea, riscul ar trebui asumat pentru a-l legitima şi a asigura subiectele. Odată cu creşterea riscului şi a îngrijorării publice în ziua de astăzi, un domeniu de evaluare a riscului s-a dezvoltat oferind consiliere şi legitimare a deciziilor elitelor în sectoarele private şi publice. La porunca Congresului agenţiile reglatoare au apărut într-un număr mare, şi o altă funcţie a evaluatorilor riscului este să sesizeze încercările neîndemânatice ale

acestor agenţii în realizarea unor sarcini dificile. Evaluatorii riscului de obicei pretind un regulament mai restrâns şi sunt foarte severi în critica adusă agenţiilor.

Profesionaliştii în acest domeniu sunt, de regulă, inginerii şi oamenii de ştiinţă. Ei îşi au baza în universităţi, organizaţii de cercetare, agenţii guvernamentale, baze militare, industria comerţului. Particular, cercetarea obţinerii de profit sau grupurile consultante, precum firme manageriale consultante, îşi asumă această profitabilă afacere pentru guvern şi industrie. Asociaţii comerciale precum Institutul de Energetică conduc sau sponsorizează studiile evaluării riscului. General Motors a sponsorizat recent o conferinţă pe tema riscului şi a publicat dezbaterile sub titlul „Cât de sigur este suficient de sigur". Experţii conducători în domeniu au fost acolo, iar riscurile activităţii industriale şi militare nu au reprezentat principala preocupare, ci riscurile regulamentare. Alături de aceste grupuri, extinse asociaţii guvernamentale şi private au sponsorizat studiile în evaluarea riscurilor. Asociaţia Naţională de Ştiinţă a înfiinţat programe şi chiar o diviziune corespunzătoare topicii, finanţând munca firmelor manageriale consultante, Brookings Institute în Washington D.C., Rand Corporation, şi teme de cercetare universitare. Academia Naţională a Ştiinţelor (o organizaţie semiguvernamentală) a înfiinţat un comitet pentru evaluarea riscului cu câţiva ani în urmă, condus de o prestigioasă autoritate, Howard Raiffa. Russel Sage Foundation, susţinută ca fiind una dintre cele mai prudente şi conservatoare dintre marile asociaţii ştiinţifice private, a declarat recent ca acest lucru reprezintă o prioritate pentru finanţările sale. În final, majoritatea marilor universităţi au acum centre de studiu şi programe de cercetare care se ocupă cu evaluarea riscului, obţinându-şi finanţările din bursele guvernamentale şi industriale, iar jurnalele profesionale comercializează rezultatele cercetării. Nevoia este mare, iar răspunsul a apărut.

Acesta este un domeniu foarte sofisticat. Modelele matematice predomină; este condusă cercetarea aprofundată; şi problemele esoterice ale probabilităţilor bayesiene, principiile ALARA (scăzute pe cât este raţional posibil), „reduse probabilităţi viitoare" şi aşa mai departe, sunt dezbătute în sălile de judecată precum nişte conferinţe academice. Unele dintre cele mai bune minţi ştiinţifice şi social-ştiinţifice dezbat problema „cât de sigur înseamnă destul de

sigur".

Momentan este un domeniu restrâns, împiedicat de monetarizarea bunurilor sociale. Totul poate fi cumpărat. Dacă nu poate fi cumpărat nu intră în aceste calcule sofisticate. O viaţă valorează aproximativ 300.000 de dolari, a conchis un studiu; valorează mai puţin dacă ai peste şaizeci de ani, şi mai puţin dacă ai vreo infirmitate. După ce se ia în calcul vârsta şi potenţialul acumulativ, o viaţă este o viaţă. Moartea prin diabet ar trebui să aibă un impact asupra oamenilor echivalent cu moartea care rezultă în urma unei crime, este implicaţia unui studiu care deplânge lipsa de conştiinţă a publicului asupra faptului că primul aspect cauzează mai multe decese decât ultimul". Din nefericire", se spune, „există evidenţa faptului că percepţia oamenilor asupra riscului reprezintă un subiect pentru o gamă largă de erori sistematice… asemenea erori pot eşua în direcţionarea acţiunilor unor grupuri de interes public şi al unor agenţii guvernamentale ducând la un control mai scăzut al riscului". Aceste erori trebuie interpretate implicit şi din perspectiva senzaţionalismului provocat de media. Dar luaţi în considerare faptul că o crimă insultă valori umane precum demnitatea şi dorinţa de securitate şi predictibilitate. Cercetătorii înşişi punctează faptul că ea nu poate fi asimilată morţii prin diabet, şi estimările publice ale mortalităţii reflectă acest lucru, dar încă se susţine faptul că publicul poate fi afectat de erori sistematice. Pentru a oferi un alt exemplu, pentru anumiţi economişti şi evaluatori ai riscului (de multe ori aceiaşi oameni) nu există nicio diferenţă între moartea a cincizeci de oameni între care nu există nicio legătură, din mai multe comunităţi şi moartea a cincizeci de oameni care fac parte dintr-o comunitate alcătuită dintr-o sută de oameni. Legături sociale, continuitatea familială, diferenţele culturale şi tradiţiile umane valorificate nu sunt recunoscute şi cuantificate. Cinci sute de decese anuale care au loc pe autostrăzi sunt echivalente pentru aceşti experţi cu o singură catastrofă care implica cinci sute de victime, şi deplâng faptul că publicul protestează împotriva uzinelor nucleare şi interpretează incomplet semnificaţia accidentelor rutiere.

Acest domeniu recunoaşte diferenţa dintre riscurile voluntare precum este skiatul şi cele involuntare precum pericolul reprezentat de deşeurile chimice. Dar nu recunoaşte diferenţa dintre impunerea riscurilor de către firmele care obţin profit şi care ar putea reduce

aceste riscuri şi acceptarea riscurilor de către public atunci când sunt implicate plăcerile personale (skiatul) sau un anumit control poate fi exersat (şofatul). Toate sunt cuprinse într-o vagă referinţă la principiile de piaţă, ca şi cum nu am avea lumină şi căldură fără un anumit număr de mineri decedaţi sau tineri supuşi radiaţiilor nucleare. Literatura reflectă o teorie raţională şi calculabilă a pieţei centrale a analizei costurilor. Literatura tehnică este centrată pe sublinierea faptului că investim milioane de dolari în siguranţa dispozitivelor pentru a salva viaţa unui singur muncitor din domeniul nuclear dar refuzăm să cheltuim 80.000 de dolari pentru a salva şoferul unui automobil. (Aceasta este o formă benefică, să spunem, un sistem esenţial de răcire de urgenţă şi o centură automată sunt văzute din perspectiva câtor vieţi se aşteaptă fiecare să salveze, şi desigur costurile ECCS şi centurile de siguranţă sunt foarte variate precum este şi numărul vieţilor care trebuie salvate). Este astfel iraţional să se investească atât de mulţi bani în uzinele nucleare; ar trebui să-i investim în centuri de siguranţă, balustrade de protecţie sau literatura anti-tutun. Este ca şi cum ar exista o categorie de buget fixat pentru siguranţă, indiferent dacă este implicat profitul companiei sau sunt implicate nevoile personale, şi bugetul, fiind fixat, nu poate fi mărit odată cu apariţia unor noi riscuri. Lecturarea acestei discuţii poate duce la imaginarea următorului scenariu: la întrunirea consiliului unei importante companii, vice preşedintele finanţelor a fost sfătuit de către evaluatorii riscului. El anunţă faptul că neinstalarea unor dispozitive de siguranţă va duce la moartea încă unui muncitor pe an. Acest lucru nu va afecta cererile candidaţilor care să-l suplinească pe decedat de vreme ce muncitorii încă vor accepta asemenea locuri de muncă, piaţa muncii fiind în declin, şi fiecare muncitor decide că există o mare probabilitate ca altcineva să fie ucis. De cealaltă parte, uciderea acelui muncitor ar însemna că acea companie ar evita un cost de 50 de milioane de dolari care ar trebui investiţi în siguranţa aparaturii. Aceasta ar însemna evitarea unei creşteri a preţurilor sau a unei scăderi a dividendelor sau a bonusurilor manageriale. Este probabil ca vicepreşedintele să estimeze că poate evita creşterea preţurilor cu un dolar pe 20 de milioane de itemi şi poate evita o scădere a dividendelor cu 30 de milioane de dolari. Omorând muncitorul, publicul şi acţionarii ar avea evident de câştigat. Cât valorează o viaţă? Ei, se gândeşte el, 50 de milioane reprezintă un preţ prea mare pentru

un muncitor anonim, deci să-l ucidem. Vicepreşedintele are dreptate. În termenii analizei riscului, aceasta este o afacere bună. Ceva similar s-a petrecut la Compania Ford când aceasta a decis a nu amortiza rezervorul de combustibil la Pinto, şi la Compania Generală a Automobilelor care a ignorat avertizările inginerilor că Corvair se va reorienta pentru lipsa unei bare stabilizatoare de 15 dolari.

Analiza relaţiei dintre risc şi beneficiu, cu monetarizarea bunurilor şi valorilor culturale, a fost realizata de analiza beneficiilor costurilor, cu şi mai extinsa ei îngrijorare în ceea ce priveşte dolarul ca fiind ultima instanţă de rezolvare socială a lucrurilor. Baruch Fischhoff într-o examinare minuţioasă a analizei beneficiilor costului (Articolul are titlul „Analiza beneficiilor costului şi Arta Menţinerii Automobilelor") notează o altă consecinţă a monetarizării bunurilor sociale de către economişti. Analiza beneficiilor costurilor este „mută cu privire la distribuţia binelui în societate. Astfel, un proiect cu scopul de a redistribui resursele societăţii, dacă ar fi analizat, ar reprezenta foarte multe costuri (acelea implicate în transfer) şi niciun beneficiu (de vreme ce avuţia totală rămâne neschimbată)". Diferitele clase sociale nu prezintă aceleaşi riscuri provenite din tehnologiile riscante; evaluarea riscului ignoră distribuţia riscului pe clase sociale.

Analiza relaţiei costuri-beneficii se bazează de asemenea foarte mult pe preţurile curente ale pieţei pentru evaluarea costurilor şi beneficiilor. Acestea reflectă aranjamente economice curente, punându-se problema unei schimbări în cadrul multora dintre ele. De exemplu, oamenii cu o putere de redusă de a economisi pot primi un preţ mai scăzut pe viaţa lor. În prezent preţul pieţei pentru muncitorii temporari în domeniul nuclear este destul de scăzut, cu o lungă recesiune. Dacă sunt calculate, costurile înlocuirii tuburilor generatoare de aburi reflectă acest lucru. Aceeaşi fapt poate să însemne că un accident prezintă un cost scăzut doar din cauză că sistemul economic acordă o valoare redusă anumitor oameni. Valorile proprietăţilor aflate în apropierea unei uzine chimice sunt predispuse să fie scăzute din cauza fumului, substanţelor emanate, a focului şi a riscurilor unei explozii. Când un accident are loc, daunele mediului înconjurător sunt calculate în termenii unor valori deja aflate în declin din cauza potenţialului de accidente, mai degrabă decât în termenii capacităţii proprii a suprafeţei de pământ dacă acolo ar fi amplasată o uzină electrică sau un frumos parc.

O altă consecinţă a presupunerilor actuale este discuţia asupra faptului că nu ar trebui ca noile riscuri să fie mai ridicate decât cele existente pe care deja ni le-am asumat. (Oare am avut de ales?) şi că dacă alte industrii devin mult mai riscante nivelul de siguranţă al uzinelor nucleare sau chimice poate fi redus. Această dezbatere a influenţat recent decizia Comisiei de Reglare Nucleară când şi-a propus obiective de siguranţă pentru uzinele sale nucleare. Kim Scheppele subliniază faptul că, pe măsură ce societatea devine mai periculoasă, NRC poate permite uzinelor să devină şi mai periculoase. Un alt argument pe care îl auzim destul de des în zilele noastre este acela că trebuie să mergem înainte cu încercările riscante sau alte companii şi naţiuni ne vor învinge în competiţia pe piaţa centrală. Acest raţionament punctează faptul că ţara noastră s-a aflat într-o situaţie de risc şi a devenit puternică asumându-şi riscurile, şi beneficiile sociale au fost enorme. Ar trebui, spre exemplu, să înaintăm în domeniul ingineriei genetice sau japonezii ne vor înfrânge. Dar de ce să înaintăm dacă ei pot face acest lucru cu un mai mare grad de protecţie? Dacă rezultă largi beneficii publice din ingineria genetică contează atât de mult dacă le cumpărăm de la companiile japoneze mai degrabă decât de la cele americane? Va conta cu certitudine pentru proprietarii companiilor americane şi investitorii acestora deoarece companiile petroliere, farmaceutice şi chimice vor pierde o mare parte din profitul personal şi acţionarii vor pierde din dividende. (Unele posturi vor fi pierdute prin asemenea inovaţii, dar acelea nu reprezintă ramuri ale industriei intensive). Dacă japonezii vor reduce riscul unei catastrofe chiar într-un mic procent, prin mijloacele lor mai bune de control, pierderile care au loc la nivelul profitului privat şi pierderile indirecte ale economiei se vor fi meritat. Ce riscuri trebuie să ne asumăm pentru a asigura profitul unora? Acest lucru nu poate fi prezentat într-un model economic, unde un dolar salvat reprezintă un dolar salvat, fără a ţine seama de cei ce primesc dolarul sau cei ce se îşi supun viaţa unor riscuri pentru a salva acest dolar pentru aceia. Ni se obiectează faptul că ne pierdem structura morală pentru că nu vrem să ne mai asumăm riscuri tehnologice. Dar este şocant că aceia care simt că am abandonat riscul în căutarea siguranţei noastre vorbesc doar despre riscurile tehnologice asociate unor mai companii şi profituri personale sau atitudinii militare agresive. Corporaţiile şi cei care îşi asumă riscuri militare se dovedesc a fi, într-un mod surprinzător,

împotriva riscului când vine vorba despre riscurile experimentelor sociale care ar putea reduce sărăcia, dependenţa, crimele. Din următoarea listă de propuneri una este fantastică, toate implică riscuri substanţiale pe care organizaţiile liberale şi de stânga le-au sugerat, dar cei ce îşi asumă riscuri militare sau ale unor corporaţii nu vor să încerce să-şi asume şi aceste riscuri din cauza consecinţelor care apar în structura de clasă, a propriei puteri, a propriilor valori. Propunerile includ planurile de menţinere a venitului. Precum în Europa); taxe cu adevărat crescute; investiţii în ariile sărace şi aflate în declin; (băncile americane au cea mai scăzută rată a impozitului din toată naţiunea-in jur de 3 sau 4 %-dar refuză să-şi asume riscul unor investiţii în ariile sărăcăcioase din interiorul oraşelor); programele pentru reducerea crimei; dezarmare nucleară unilaterală (o întreprindere riscantă care ar putea să reducă nu doar riscul accidentelor nucleare dar să şi promoveze perspective economice.); retragerea din America Centrală; şi aşa mai departe. Riscurile care au adus prestigiu ţarii noastre nu au fost riscuri industriale precum poluări chimice sau cele provenite din minerit, ci riscuri sociale şi politice asociate cu instituţii democratice, structuri politice descentralizate, pluralitate şi libertate religioasă şi sufragiul universal. Nici studiile asupra evaluării riscului şi asupra relaţiei dintre beneficii şi risc nu pot distinge între dependenţă şi libera alegere în activităţi (echivalentul distincţiei pe care noi o facem între erori operatorii forţate şi neforţate). Împreună cu dezastrele rutiere, cancerul produs de fumat este principalul subiect al noilor organizaţii. Este văzut ca o activitate voluntară. Dar cei mai mulţi dintre cei care fumează în prezent fac asta deoarece sunt bombardaţi cu reclame şi foarte curând devin dependenţi. În al doilea război mondial fiecare pachet conţinea cinci ţigări la o masă şi vânzarea de ţigări soldaţilor a fost extrem de subvenţionată şi netaxabilă. Avioanele obişnuiau să le primească gratuit, pasămite pentru calmarea nervilor după decolare. Nici unui erou de la Hollywood nu-i lipsea ţigara. Promovarea era intensă şi la fel şi profiturile private. De asemenea, dependentă era toată economia subvenţiilor guvernamentale pentru producătorii de tutun care a depăşit cu mult tot ce s-a cheltuit pe avertismente şi cercetări guvernamentale. Tinerii văd o mulţime de adulţi care nu au fost în stare să se sustragă acestui obicei şi încă sunt bombardaţi de reclame şi vedete din televiziune care fumează. În mod ironic prosperitatea unui important sector al economiei noastre

(vânzarea ţigărilor, reclame) depinde de îmbolnăvirea victimelor Costurile încetării fumatului nu sunt doar individuale (din cauza dependenţei) dar şi raportate la corporaţii. Aceasta nu este o chestiune a liberelor decizii asupra pieţei centrale adoptate de către consumatorii informaţi pentru a fi ridiculizată şi comparată cu atacurile „iraţionale" ale aceloraşi oameni cu referire la armele nucleare, puterea nucleară sau canalele de dragoste. Fumatul este un program de dependenţă sprijinit de guvern în vederea unui imens profit. Dependenţa de fumat a unui individ nu ar trebui comparată cu costurile pe care industria trebuie forţată să le rişte pentru a reduce bolile de plămân sau a produce jucării mai sigure de Crăciun.

Putem spune acelaşi lucru şi despre alcoolism sau alte forme de abuz de droguri. Acestea sunt de asemenea subiecte dezbătute de evaluatorii riscului pentru a arăta ca publicul este incapabil de a face alegeri sensibile între costurile pe care le-ar implica o mai mare siguranţă aeriană sau costurile „abuzului de substanţe". Reclamele la alcool sunt substanţiale. Predispoziţia medicilor de a prescrie tranchilizante şi alte droguri este bine cunoscută şi abuzul acestora poate depăşi cu mult consumul de substanţe ilegale. Nu există prea multă liberă alegere de piaţă în acest sector al muncii.

Într-un final domeniul de evaluare a riscului distinge foarte rar între activităţi asupra cărora persoana are un anumit control, oricum poate fi iluzoriu, şi activităţile asupra cărora nu deţine controlul. Şofatul este un aspect esenţial. Se pare că suntem mai pregătiţi să acceptăm riscul când ne gândim că îndemânarea noastră în evitarea hazardului. Respingem şi ne temem de riscurile care ne pun în ipostaza unor primitori pasivi ai factorilor care ne pot vătăma. Uzina, simţim noi, nu fără motiv, nu ar trebui să explodeze, ruperea barajului, controlul presiunii, comitetul companiei Ford a dat greş în evitarea exploziei unui rezervor de gaz; asupra acestor riscuri avem un control limitat, dar suntem doritori să ne asumăm riscurile condusului, schiatului, paraşutatului. Evaluatorii riscului tratează această diferenţă ca pe o problemă a riscului voluntar sau involuntar, dar consider ca ei omit un aspect esenţial. A conduce până la locul de muncă este pentru majoritatea dintre noi o acţiune aproape involuntară, dar cel puţin avem un anumit control asupra ei. Pe de altă parte, deşi călătorim voluntar cu avionul spre o destinaţie îndepărtată, nu avem niciun control asupra avionului sau asupra traficului aerian. Participăm

voluntar la evenimente extinse pe stadioane care adesea sunt incendiate sau se prăbuşesc şi nu avem niciun control asupra arhitecţilor sau asupra firmelor de construcţii sau asupra proprietarilor care, din câte se pare, blochează mereu ieşirile de siguranţă. În plus, „riscurile active", după cum am putea să le denumim, în general nu sunt urmărite în vederea profitului personal al cuiva; în schimb „riscurile pasive" sunt.

Pentru riscurile active, acelea asupra cărora individul care desfăşoară o activitate are un anumit control, piaţa centrală oferă o cale cel puţin rudimentară dacă nu imperfectă de a pune probleme privitoare la siguranţă. Schiurile mai sigure se vând mai bine, oamenii au încetat să mai cumpere de la mărcile Corvair sau Pinton. Deşi există excepţii, oamenii fac alegeri sensibile când au de făcut alegeri semnificative, şi în timp, producătorii reacţionează. Acest lucru nu este nici pe departe adevărat pentru acele activităţi în care suntem primitorii pasivi ai riscurilor în controlul liderilor organizaţionali. Deşi companiile aeriene sunt interesate de siguranţă şi este în folosul lor să asigure siguranţa călătoriilor sau utilizarea acestor mijloace de călătorie va scădea, încă avem nevoie de o Administraţie Federală a Aviaţiei pentru a încuraja, a solicita şi a supraveghea legal aceste companii. Pentru activităţi precum scoaterea deşeurilor nucleare, bolile de plămân, poluarea zonelor Times Beach, Missouri, centrul Michigan-ului, sau a barajului Teton, nu ne putem baza pe „piaţă" pentru a risca automat costuri pentru o siguranţă mai mare. Aceste activităţi sunt în afara controlului nostru, pentru acestea, trebuie să intervină guvernul. În cele mai multe arii din viaţa noastră guvernul trebuie să intervină. Acesta nu este rezultatul creşterii canceroase a guvernului, este mai degrabă esenţial deoarece controlul nostru personal asupra mediului şi activităţilor noastre a fost treptat erodat de către sistemele la care luam parte sau de care suntem pasiv afectaţi. În anumite cazuri acest pericol este recunoscut de Congres. Există un dispozitiv reglator enorm care încearcă să controleze generarea puterii nucleare, NRC. Dar controlul produselor chimice şi al uzinelor chimice este destul de modest, este încă şi mai modest în cazul mineritului şi aproape absent în cazul producerii ADN-ului. Oricum în literatura de evaluare a riscului suprareglarea este deplânsă. Economistul Ron Howard de la Stanford suprimă toată reglarea. Starr şi Whipple, pionieri în domeniu (de la pionieratul asociaţiei comerciale

Institutul de Cercetare a Energiei Electrice), mai degrabă decât să fie îngrijoraţi de riscurile pe care industria le impune fără a fi nevoie, compătimesc industria. Costurile reglărilor „provin din litigii, investiţiile şi amânarea scumpirilor au fost lăsate deoparte". Şi care este cauza acestor costuri ridicate? Ele „rezultă din incapacitatea industriei de a prezice gradul de acceptare a riscului de către public. Poate evaluatorii riscului ar putea înştiinţa industria că este uşor de prezis o aversiune faţă de asemenea riscuri pasive precum otrăvirea cu mercur, DES, azbest, şi bolile de plămân.

Două pericole pe care „riscurile active" le comportă ar trebui luate în considerare. Consumatorii nu vor plăti întotdeauna voluntar pentru produse mai sigure şi de multe ori nici nu sunt atenţi la riscuri deşi acestea sunt bine ştiute. Presupun că mereu va fi la fel. În al doilea rând, riscurile active sunt atractive. Ne place să ne asumăm riscuri dacă simţim că avem un anumit control personal asupra lor. Aceasta înseamnă că reducerea riscului printr-un echipament mai bun va atrage după sine implicarea mai multor oameni în activitate, aceia care acum simt că riscul este redus până la un nivel pe care ei îl pot tolera. Rezultatul final este acela că nivelul accidentelor poate să nu se schimbe odată cu noile dispozitive de siguranţă. Spre exemplu, când a apărut un echipament mai bun de schi şi pantele au fost mai bine aranjate şi proiectate mai sigur, industria schiurilor a început să producă foarte multe reclame pentru a atrage noi schiori. Mai mulţi începători însemnau mai multe accidente, de asemenea şi pentru cei avansaţi de care aceştia se loveau. În timp ce jocul era mai sigur, riscul creştea din cauza unui număr tot mai mare de jucători neexperimentaţi. Siguranţa oricărei activităţi care implică un risc activ trebuie să includă numărul participanţilor şi procentajul noilor participanţi neîndemânatici.

Evaluatorii riscului se focalizează într-o manieră îngustă asupra faptului că toţi susţin foarte des (deşi nu întotdeauna) şi convenabil activităţile în care elitele din sectorul public şi privat susţin că ar trebui să ne implicăm. Pentru cei mai mulţi orientarea este asupra dolarilor şi organizaţiilor, ignorând criteriile culturale şi sociale. Evaluatorii nu disting între riscurile asumate în vederea unui profit privat şi acelea asumate în vederea plăcerilor sau nevoilor personale, deşi unele sunt impuse iar altele sunt într-o oarecare măsură alese. Ei ignoră problema dependenţei şi distincţia dintre riscurile active, unde

persoana poate avea un anumit control, şi riscurile pasive. Ei deschid dispute asupra importanţei riscului dar îşi limitează aprobarea pentru riscurile acceptate la cele militare şi cele care privesc corporaţiile ignorând riscurile prezente în chestiunile politice şi sociale. După cum am indicat mai devreme, evaluarea riscului nu este la fel de riscantă precum sistemele evaluate, dar are consecinţele ei nefericite pentru societate.

O implicaţie nefericită a evaluării cantitative a riscului este aceea că publicul ar trebui exclus de la discuţiile care îl afectează. Puţini dintre evaluatorii riscului pretind acest lucru în mod direct, cei mai mulţi îl subînţeleg. Unii afirmă ca publicul trebuie să fie implicat, dar numai sub condiţiile evaluatorului riscului, şi puţini resping ceea ce se subînţelege şi cred serios că publicul are o contribuţie (în principal Grupul de Cercetare şi Decizie, o importantă companie privată în Eugene, Oregon, care a realizat cele mai multe performanţe în domeniu, cred, deşi au trecut peste valoarea contribuţiei.) Astfel, opiniile asupra acestui lucru sunt variate. Cei mai mulţi se pare că adoptă poziţia de mijloc: a implica publicul, dar în acelaşi timp a-l controla. Acest lucru trebuie făcut prin „închiderea prăpastiei dintre expert şi public. (asta este, ei şi noi); dar prăpastia este oricum închisă într-o singură direcţie-prin aducerea publicului de partea experţilor prin educarea acestuia.

De ce prăpastia? Ignoranţa din partea publicului este principalul motiv oferit. „Percepţia publicului diferă dramatic de realitate" spune Howard Raiffa, un expert de la Harvard, iar experţii trebuie să fie îngrijoraţi chiar dacă percepţiile publicului se bazează pe „fapte incomplete şi dubioase"; publicul ar trebui „informat". Sau, după cum susţine William Clark: Atitudinile societăţii faţă de riscuri precum cancerul şi reactoarele nucleare nu sunt încă bine diferenţiate de temerile ei timpurii faţă de ochiul cel rău". Prin definiţie, experţii ar trebui să ştie mai mult decât cei care nu sunt experţi. Sunt sigur că prăpastia există, precum o definesc experţii, dar aceasta s-ar putea remedia în timp. Există şi o altă presupunere, oricum, ne vom întoarce la ea în secţiunea următoare: deşi sunt puşi în faţa faptului, publicul are deficienţe în ceea ce priveşte raţionamentul corect. Aici evaluatorii riscului sunt puternic sprijiniţi de psihologii cognitivişti şi îi citează. Oamenii în general nu raţionează bine (chiar experţii pot face greşeli simple în materie de probabilităţi şi interpretare a evidenţelor.) Vor fi

necesare eforturi uriaşe pentru a-i imprima publicului îndemânarea necesară pentru a decide asupra unor chestiuni complexe de risc. La baza acestui lucru se află o dispută asupra manierelor de a raţiona în domeniul afacerilor.

Trei Raţionalităţi

De ce publicul ar fuma în timp ce se ridică împotriva puterii nucleare şi militează pentru dezarmare? Un posibil raţionament este acela de a se afirma dintr-o muncă validă din domeniul luării deciziilor şi cunoaşterii Nu raţionăm bine, ne spun psihologii: minimizăm unele pericole şi le maximizăm pe altele şi nu calculează şansele într-un mod statistic. Anumite date sunt convingătoare dar nu sunt relevante. Multe dintre aceste date sunt probabil simulate. De vreme ce raţionalitatea oamenilor este cu certitudine limitată, este posibil ca atunci când sunt confruntaţi cu date dezordonate şi obiective discordante, această limitare are o foarte mare putere. Este convenabil să luăm în considerare trei forme de raţionalitate: raţionalitate absolută, care este atribuită în principal economiştilor şi inginerilor; raţionalitate limitată, cu care empatizează o mare parte a evaluatorilor riscului; şi ceea ce voi numi raţionalitate socială şi culturală, care este cea cu care trăim cei mai mulţi dintre noi, deşi nu ne gândim prea mult la ea. Raţionalitatea absolută am întâlnit-o în descrierile făcute de evaluatorii riscului în cadrul cărora calculele pot fi făcute asupra riscurilor şi beneficiilor arătând clar ce activităţi ar trebui să preferăm: precum puterea nucleară sau uzine energetice. Deşi incluzând decesele implicate de minerit şi producţie, puterea nucleară implica un risc mai mic, în timp ce uzinele ucid aproximativ 10.000 de oameni pe an (prin minerit, transport şi poluanţi de la fabrici vechi fără dispozitive care să înlăture particulele emisiilor care cauzează ploi acide). Alegerea se realizează evident în termenii raţionalităţii absolute. De ce avem atunci între 20 şi 40 de procente de oameni îngrijoraţi din cauza puterii nucleare? Răspunsul unora este că acesta este un lucru iraţional şi implicaţia este că publicul iraţional este incapabil să participe la adoptarea unor decizii cu privire la risc. Publicul este hipercritic în ceea ce priveşte puterea nucleară. Dacă publicul nu este familiarizat cu ceva, aceasta duce la „îngrijorare iraţionala şi alarmare". Dar dacă reprezintă o iraţionalitate, răspunsul publicului este o povară pe care experţii şi elitele trebuie să o îngroape. În viziunea lor, răul social produs de un asemenea răspuns este expansiv;

implică proteste, demonstraţii şi un Congres care refuză să urmeze experţii.

Psihologii cognitivişti, aceia care studiază procesul gândirii şi cunoaşterii, au împărţit acesta perspectivă a raţionalităţii absolute, sute de experimente au arătat că oamenii erau mai degrabă în deficit de raţionalitate decât să dispună de o raţionalitate absolută. Treptat, încercând să afle cum gândesc oamenii, au început să abandoneze noţiunile de ignoranţă şi iraţionalitate, şi în schimb au început să vorbească de limitele raţionalităţii, sau în termenii lui Herbert Simon, utilizaţi în alt context, de raţionalitate limitată. Limitele în abilitatea noastră de a lua decizii raţionale se pot datora în parte, limitelor neurologice, de memorie şi atenţie, lipsei educaţiei, şi lipsa antrenamentului în domeniul probabilităţilor şi statisticii. Dar se pare că se datorează de asemenea anumitor probleme practice şi experienţei cotidiene. Presentimentele, ghicitorile, par a fi foarte răspândite. Psihologii cognitivişti numesc aceste ghicitori „euristice" şi identifică în prezent anumite categorii specifice. Spre exemplu, „disponibilitatea euristică" sugerează că decât să fie examinate toate aspectele existente ale unui fenomen şi apoi judecăţile să fie bazate pe experienţă, oamenii tind să judece o situaţie în termenii celui mai disponibil caz, cel mai uşor de memorat. Dacă s-a întâmplat un accident aerian ne concentrăm asupra acestui eveniment şi ignorăm toate cursele aeriene de succes când ne gândim la probabilitatea unui accident înainte de a lua decizia dacă să călătorim sau nu cu avionul. Sau, dacă suntem întrebaţi dacă litera r apare mai frecvent ca prima literă sau ca a treia în cadrul sutelor de cuvinte, avem tendinţa să spunem că apare mai frecvent ca prima literă pentru că ne amintim mai multe cuvinte începând cu r decât cele care conţin r ca a treia literă.

Raţionamentele euristice sunt folositoare, deşi de multe ori ne induc în eroare. În timp ce psihologii cognitivişti se ocupă să denumească aceste reguli ale intuiţiei pe care oamenii le folosesc (arătând cum ele împiedică decizia raţională), câţiva au început să cerceteze în profunzime. De ce ar putea aceste studii să fie folositoare? Cercetarea abia începe dar cred că putem face câteva observaţii utile. În primul rând, raţionamentele euristice previn o paralizie a deciziei; previn agonizarea asupra fiecărei situaţii care ar putea avea loc. În al doilea rând ele reduc drastic costurile cercetării, efortul şi timpul

pentru a examina toate alegerile posibile şi apoi a le clasifica în termenii costurilor şi beneficiilor. În al treilea rând, ele suportă revizuirea, poate încet, procesele repetate duc la corecţii ale intuiţiilor, şi realizează acestea fără un efort conştient costisitor. În final, cred că ele facilitează viaţa socială prin a oferi altora o bună estimare a ceea ce putem să realizăm, de când se pare că împărtăşim aceste raţionamente. Poate vom face ceva care nu va fi agreat de un expert, dar cel puţin este o acţiune colectivă a mai multora care nu sunt experţi (mare majoritate a oamenilor, prin definiţie), deşi această acţiune nu este cea mai bună linie de acţiona. Raţionamentele euristice par a funcţiona pentru că lumea noastră conţine o mulţime de imprecizii care predispun la aproximări în detrimentul acurateţei. Deoarece viaţa noastră socială este astfel, este nevoie de antrenament special pentru a reuşi cu preciziei într-o lume în care tehnologia are un rol foarte important. Acestea contravin experienţei noastre de zi cu zi, aceea că „lucrurile se vor rezolva", sau că ele nu sunt atât de strâns legate. În plus, nu toate lucrurile la care ne aşteptăm sunt la fel de importante. Este posibil ca pentru deciziile noastre să fie cruciale, ne aşezăm deoparte faţă de regulile convenabile ale intuiţiei şi luăm decizii cu mai multă precauţie. Din nefericire, literatura psihologică este foarte săracă în ceea ce priveşte acţiunea de zi cu zi a oamenilor. Chiar munca depusă în procesul deciziilor medicale pe care Eddy o realizează conţine recomandările că textele medicale şi cărţile de referinţă fac trimitere la diagnoză şi tratament mai degrabă decât la practici actuale. Cărţile s-au dovedit a ignora probabilităţile şi astfel recomandările sunt total eronate şi pot avea severe consecinţe medicale nefericite. Experimentele de laborator pur şi simplu nu ne ajută aici. Ele ne arată cum subiecţi nemotivaţi aleg scurtături pentru a rezolva probleme nerealiste şi uneori extrem de complicate, şi pe de o parte sugestive, experimentele ne pot duce în eroare pe anumite căi pe care nu ar trebui să le luăm atât de mult în considerare.

O concluzie importantă care poate fi extrasă din această muncă este importanţa primordială a contextului în care subiectul pune problemele. Invocăm aici operatorii noştri nucleari sau echipajul Noii Zeelande DC-10 sau marinarii care interpretează semnale ambigue. Deciziile făcute în aceste cazuri au fost perfect raţionale. Doar că operatorii au folosit contextul greşit. Selectarea unui context (aceasta se poate întâmpla doar printr-o mică incursiune în sistemul secundar)

este un act de predecizie, făcut fără a se fi reflectat asupra lui, aproape fără efort, ca o parte a unui aflux de experienţă şi procesare mentală. Începem să „gândim" sau să „luam decizii" bazate pe un efort conştient şi raţional, doar după ce contextul a fost definit. Şi definirea contextului este un proces mult mai subtil influenţat de o lungă experienţă cu procesări şi erori (majoritatea ca adaosurile automate în condus sau mersul pe o stradă aglomerată.) Dacă o situaţie este ambiguă, fără să ne gândim la ea sau să decidem asupra ei, alegem adesea ceea ce ne apare a fi ca cel mai familiar context, şi abia apoi începe să conştientizăm acest fapt. Acest lucru pare să se întâmple într-o mare măsura în experimentele psihologice. Fără o gândire conştientă (aceea care poate fi invocată cu uşurinţă şi ca fiind plină de acurateţe) subiectul spune: „Aceasta este precum X, o să fac ceea ce fac de obicei în acel caz". Rezultatele acestor experimente sugerează puternic faptul că contextul oferit de subiecţi nu este contextul la care experimentatorul îl aştepta. Cu un context greşit definit subiectul experimentului poate spune „Ah, asta este precum situaţia A din viaţa cotidiană şi asta fac eu de obicei.", în timp ce experimentatorul crede ca subiectul a asimilat situaţia conform situaţiei B din viaţa reală şi este surprins de reacţia subiectului.

Spre exemplu să luăm aşa-zisa răspândită greşeală de a lua în calcul „frecvenţa de bază" (toate evenimentele trecute, precum numărul de zboruri în care nu au existat accidente sau procentul oamenilor singuri într-o comunitate). Dacă problema este prezentată într-o singură maniera, subiectul va folosi frecvenţa şi raţionamentul probabilistic pentru a estima o rată (De când le folosim în multe situaţii din viaţă.) Dacă problema este prezentată în alt fel, cu anumite replici vagi care induc în eroare. subiectul va derula un raţionament probabilistic. Aceasta ar explica câteva experimente bine cunoscute, ale lui Kahneman şi Tversky, ca acela în care oamenii trebuiau să estimeze probabilitatea ca „Jack" să fie inginer sau avocat, în condiţiile în care 70% din populaţie e reprezentată de avocaţi şi 30% de ingineri". Când nu este dată nicio descriere a lui Jack, oamenii vor estima acest lucru după „rata de bază". Dar subiecţii se gândesc că ar fi stupid din partea experimentatorilor să dea o descriere care nu are niciun sens, atunci ei caută sensul şi găsesc unul. Există o replică pe care Kahneman şi Tversky o asumă ca fiind o descriere nefolositoare. Jack nu are niciun interes în chestiuni politice sau sociale, deci este

foarte puţin probabil să fie un avocat, în schimb are hobby-uri precum puzzle matematic, ceea ce sugerează ca Jack ar putea fi un inginer. Având aceste punct de reper, subiecţii pot ignora rata de bază deoarece ei consideră că se pot ghida după acestea.

În final, raţionamentele euristice sunt asemănătoare intuiţiilor, dar pot fi considerate intuiţii regularizate şi verificate. O intuiţie este un motiv ascuns de gândirea noastră conştientă, în care lucruri aparent fără nicio legătură sunt corelate într-o manieră cauzală. Experţii pot fi consideraţi oameni care suprimă intuiţiile; este meritul lor că au eliminat conexiunile cauzale ascunse şi le-au supus testării şi examinării minuţioase şi acestea le-au confirmat sau infirmat. Intuiţiile sunt forme nefericite ale raţionamentelor euristice deoarece nu sunt deschise spre a fi inspectate. De aceea ele sunt susţinute cu putere chiar şi în faţa faptelor care ar demonstra contrariul; persona insistă ca dovada este irelevantă în comparaţie cu „interiorul" lor.

Acestea se întâmplă în cadrul experimentelor psihologice. Subiecţii insistă chiar şi după ce greşeala le-a fost explicată. Dacă o monedă a căzut cu capul de douăzeci de ori este foarte puţin probabil ca la următoarea aruncare să cadă cu cealaltă faţă. Subiecţii pariază pe cealaltă faţă deoarece de-a lungul acestor aruncări procentul în care a ieşit capul este de 50%, astfel acest lucru neobişnuit trebuie să ia sfârşit. Ei se înşală, insistă experţii, deoarece fiecare aruncare este independentă de oricare alta. Monezile nu au memorie şi la fiecare aruncarea şansele vor fi de 50% pentru fiecare faţă. Trebuie să admit că şi eu sunt o victimă a acestei „erori a jucătorului". Cred că în o mie de aruncări 50% vor fi capete. Douăzeci şi unu de aruncări reproduc mai bine acest patern de 50% capete în 1.000 de aruncări, decât trei sau patru aruncări, astfel după douăzeci de aruncări şansele scad pentru capete şi asta mă încurajează să aleg cealaltă faţă. Implicaţia muncii psihologilor este aceea că publicul nu este apt pentru a participa la luarea deciziilor asupra riscurilor pe care va trebui să le îndure. Publicul urmăreşte o logică informală pe care experţii nu o împărtăşesc. Cel puţin un psiholog cognitivist a luat recent apărarea intuiţiei. Baruch Fischhofi se întreabă dacă nu cumva judecăţile noastre intuitive nu ar putea cumva să fie utilizate chiar dacă ele sunt respinse de către experţi. „Merită să ne întrebăm, „, scrie el, „dacă nu cumva este o metodă în nebunia aparentă a oamenilor. Nu cumva sunt anumite criterii de decizie trecute cu vederea de analiza formală dar

totuşi esenţiale pentru bunăstarea psihologică a oamenilor?" După cum putem vag observa, există asemenea criterii, dacă examinăm cu atenţie lucrările lui Slovic, Fischhoff, Lichtenstein. Diferenţa dintre raţionaliştii absoluţi şi psihologii cognitivişti care insistă pe raţionalitatea limitată, poate fi ilustrată prin examinarea reacţiei publicului faţă de accidentul de la Three Mile Island. Pentru raţionalişti, TMI a fost un eveniment foarte rar, care era aşteptat să se întâmple o dată la trei sute de ani pentru acel reactor. Dacă acest lucru s-a întâmplat după ce a fost pus în funcţiune în 1979 sau în 2079 este insignifiant. Estimările indică faptul că acestea se pot întâmpla câteodată, dar rar. Aceasta a fost doar acel eveniment care se întâmpla rar. Pentru grupul raţionalităţii limitate acest lucru este adevărat, dar nu esenţial. Aceasta a fost o problemă nefamiliară şi nu au fost elaborate raţionamente euristice corespunzătoare pentru ea. Un eveniment semnificant precum acesta, este o indicaţie oferită publicului despre ceea ce este posibil; este un semnal că aceste uzine pot provoca serioase probleme deşi experţii spun că acest lucru se întâmplă foarte rar. De când anumiţi experţi par să gândească că este imposibil să se întâmple aşa ceva, predicţiile experţilor pot fi contestate pe bună dreptate de către public. Dacă experţii se înşală, aceasta se poate să nu fi fost acea dată în trei sute de ani, ci prima oară din multe, multe dăţi de-a lungul celor trei sute de ani. (Este de notat că teoreticianul raţionalităţii limitate nu se alătură publicului în ceea ce priveşte riscul generat de puterea nucleară, doar spunând că nu este iraţional ca ei să-şi poată valida concluziile.)

În plus, publicul poate gândi în felul următor: „dacă există o şansă cât de mică, totuşi de ce să risc?" Pentru teoreticianul raţionalităţii limitate, există o anumită logică eficientă şi de înţeles în acest caz, deşi tehnic vorbind este eronată. Este o logică eficientă, având în vedere faptul că experţii, ca oricine altcineva, sunt supuşi greşelii şi în trecut au mai comis greşeli. Este eficient să ne întrebăm asupra lor. O asemenea logică este eficientă deoarece motivează publicul să lanseze următoarele solicitări: „Înlătură această ameninţare. Nu vreau să trăiesc cu o mulţime de ameninţări. Nu iei în calcul consumul meu de energie psihică. Găseşte altă sursă de energie".

În final, raţionalitatea limitată este eficientă deoarece un consum mare de efort. Pe locuitorul unui oraş îl ajută să se gândească la munca solicitată pentru a decide exact ceea ce a însemnat accidentul

TMI. În opinia experţilor publicul ar trebui să facă efortul de a răspunde următoarelor întrebări, şi dacă nu pot, ar trebui să accepte răspunsurile experţilor. S-a încadrat accidentul în greşelile tehnice ale celor trei analize pe care experţii le-au construit în WASH-1400, Rasmuseen Report (o chestiune de câteva volume de scrieri tehnice)? De câte ori în trecut ne-am apropiat de un accident de acest gen? Putem corecta sistemul şi atunci putem învăţa din acest accident? A fost raportat cu acurateţe? Experţii s-au pus de acord asupra a ceea ce s-a întâmplat? S-a încadrat în rata de bază a evenimentelor care au condus la predicţia faptului că aceasta este un accident foarte rar? Şi aşa mai departe. Experţii nu au un răspuns la unele dintre aceste întrebări, astfel publicul, chiar dacă şi-a alocat câteva luni pentru a studia problema, nu poate fi asigurat că răspunsul poate fi ştiut.

Trebuie notat faptul că publicul este departe de istericale cu referire la puterea nucleară. Chiar după TMI, într-un procent cuprins între 60 şi 70%, publicul consideră că ar trebui construite mai multe uzine nucleare. Dar aceasta nu înseamnă ca adepţii puterii nucleare realizează judecăţi pe baza calculelor raţionale, utilizând cunoştinţe extinse, mai mult decât realizează minoritatea aceste raţionamente-între 15 şi 20%care militează pentru închiderea tuturor uzinelor. Susţinătorii nespecializaţi ai puterii nucleare poate nu folosesc procedurile corecte de decizie recomandate de experţi mai mult decât opozanţii nespecializaţi. Dar este de notat faptul că până şi cei mai iluminaţi susţinători ai raţionalităţii limitate, în timp ce apără eficienţa raţionamentului public şi capacitatea lui de a înţelege bazele naturale ale erorilor sale, pot totuşi să concluzioneze încă prin faptul că opoziţia publicului faţă de puterea nucleară este greşită. Temerile publicului trebuie privite cu respect şi trebuie găsită o cale ca acestea să fie luate în calcul de politică, ar spune raţionaliştii limitelor; dar încă se consideră că prăpastia poate fi închisă prin aducerea publicului de partea experţilor.

Raţionalitatea Socială

A treia perspectivă asupra raţionalităţii, raţionalitatea culturală şi socială (pe scurt raţionalitate socială) se detaşează de raţionalitatea absolută a evaluatorilor riscului şi economiştilor încă şi mai mult decât raţionalitatea limitată. Recunoaşte limitele cognitive pe baza alegerii raţionale, dar susţine că asemenea limite nu au consecinţe atât de importante, precum susţin psihologii cognitivişti, pentru deciziile

mediocre, şi sunt chiar benefice în alte privinţe. Limitele noastre cognitive ne pot umaniza în anumite maniere pe care le măsurăm. Sunt cel puţin două motive generale care să ne facă recunoscători pentru abilităţile noastre cognitive limitate. Oamenii variază în abilităţile lor în mod absolut, dar de asemenea variază în diferite abilităţi de gândire pentru îndeplinirea unor sarcini diferite. Tu şi eu putem fi la fel de inteligenţi, măsuraţi pe anumite domenii, dar tu poţi fi bun la numărători, în timp ce eu nu lucrez cu ele. Totuşi am învăţat cum să vizualizez şi să modelez lucrurile în spaţiul tridimensional, sau poate am o anumită aptitudini pentru acestea. Din cauza limitelor mele în procesele de numărare am nevoie de tine, şi viceversa. Limitele noastre conduc la anumite legături sociale. Crearea legăturilor prin diversitatea priceperilor (ceea ce este relaţionat cu limitele în cogniţie) asigură mai multă stabilitatea decât crearea legăturilor prin adunarea aceloraşi talente. Astfel, imaginea a doi oameni care mişcă o stâncă pe care niciunul dintre ei nu ar putea să o mişte singur ca şi bază a vieţii sociale este foarte puţin reprezentativă. Orice partener şi-ar aduce contribuţia şi odată ce roca este mişcată legătura se poate rupe. Dar a ne apropia deoarece câteodată avem nevoie să numărăm iar alteori să vizualizăm, astfel încât mai bine ne-am avea unii pe alţii când aceste sarcini apar, este un fundament puternic pentru viaţa socială. Dacă toată lumea ar fi la fel de raţională nu am mai avea nevoie de economişti. De vreme ce nu este aşa, avem nevoie atât de economişti care încearcă să găsească soluţii raionale, cantitative ale faptelor şi sociologi care încearcă să vadă cum pot fi utilizate şi fructificate legăturile între oameni.

O a doua aclamaţie pentru limitele noastre provine din tendinţa ta, spre exemplu, de a vedea toate problemele ca pe o prolemă de care implică măsurători şi numărare, şi tendinţa mea de a vedea toate problemele ca pe o problemă de interacţiune socială. Dacă avem o problemă comuna şi pare să conţină o mulţime de numere şi proporţii, şi aşa mai departe, tu te vei îndrepta rapid spre o soluţie matematică. Raţionamentele tale sunt mai bune decât ale mele dacă includ numere. În urma expertizei tale, este foarte probabil să decizi că problema ar trebui privită într-o manieră care permite o analiză cantitativă. Maniera în care tu îţi încadrezi problema prejudiciază atât problema cât şi răspunsul. La fel se întâmplă şi în cazul meu. Pentru tine, opţiunea pentru puterea nucleară sau cărbune poate fi măsurată prin

calcularea deceselor produse de fiecare activitate. Riscurile cercetării în cazul ADN-ului pot fi măsurate prin numărul experimentelor care s-au desfăşurat fără accidente. Dar aş putea defini problema generării puterii nucleare în termenii potenţialelor decese în cazul unei catastrofe rare, dar care totuşi poate avea loc, faptul că decesele pot implica comunităţi de oameni, şi potenţială contaminare a unor suprafeţe întinse care vor afecta generaţiile următoare. O definiţie a unui expert este aceea că expertul este o persoană care poate rezolva problemele mai repede sau mai bine decât ceilalţi, dar care îşi asumă un risc mai mare decât alţii în cazul în care ar pune greşit problema. Datorită veridicităţii şi preciziei metodelor sale, problema este redefinită astfel încât să corespundă acestor metode. Deoarece tu poţi număra şi avem evidenţa deceselor, alegerea este o problemă de asamblare a figurilor cunoscute. Deoarece eu caut relaţiile sociale, valorile simbolice, progeniturile umane, definesc problema în termenii unor consecinţe potenţiale şi nu observabile. Îngrijorarea ta cu referire la maşinile de tuns iarba şi automobilele, unde avem o serie de accidente înregistrate statistic, poate salva mai mulţi oameni de la accidente şi deces decât îngrijorarea mea cu privire la războiul nuclear, care s-a întâmplat decât o dată şi are şanse infime să se repete. Amândoi ne-am limitat maniera de a raţiona, dar lumea noastră este nemăsurabil îmbogăţită deoarece limitele noastre nu sunt identice deoarece insistăm pe diferite abilităţi şi cunoştinţe. (Această îmbogăţire va fi redusă dacă fiecare dintre noi refuză să recunoască avantajele celuilalt punct de vedere). Raţionalistul se va reduce la iraţional. Acest lucru nu este posibil. Teoreticianul raţionalităţii limitate va extinde limitele nefericite ale abilităţilor cognitive asupra majorităţii sau chiar asupra tuturor oamenilor. Raţionalistul social va spune că limitele sunt departe de a fi nefericite. Ele necesită interdependenţă şi diferenţele promovează noi perspective şi soluţii pe care probabil nu le are nicio persoană. Două alamaţii atunci, pentru raţionalitatea limitată. Ea promovează calităţile umane de interdependenţă şi permite în mod legitim unor valori să intre în joc şi conflict. A treia aclamaţie, irelevantă aici, este aceea că limitele tuturor oamenilor îngreunează dominaţia celor puţini asupra celor mulţi.

Pentru cei care susţin a treia perspectivă, a insista pe raţionalitatea socială, temerile cetăţenilor din Middletown, Pennsylvania, reprezintă o caracteristică a puterii nucleare. O

tehnologie care se dezvoltă în mod raţional trebuie evitată, deoarece temerile iraţionale sunt până la urmă resimţite în mod real. O tehnologie care produce confuzii, decepţii, incertitudine şi evenimente incomprehensibile este de evitat. Tehnologia afectează interacţiunea socială şi legăturile sociale, precum şi liniştea psihică. Teamă nu se măsoară în moartea unui muncitor. Absenţa decesului nu este singurul criteriu al beneficiului social. Astfel gândim în termenii celor trei tipuri de raţionalităţi: raţionalitatea economică, care implică obiective precise, restrânse şi cantitative, raţionalitatea limitată care insistă pe limitele capacităţilor noastre de gândire sau pe inabilitatea noastră de a obţine şi căuta raţionalitatea absolută, şi raţionalitate absolută care insistă pe diversitate şi legături sociale. În primul rând se insistă pe analiza costurilor şi beneficiilor. Evaluatorii riscului trec rapid de la costuri la beneficii. În continuare vom încerca să arătăm că publicul insistă de asemenea pe raţionalitatea socială. Publicul nu este informat în multe privinţe şi desigur poate comite multe erori în raţionamentele sale, dar în chestiuni care implică un risc catastrofic, aceste erori par mai puţin dăunătoare de alternativă negării raţionalităţii înrădăcinate în valorile sociale şi culturale. Punctul de vedere al raţionalităţii limitate a avut un impact major asupra teoriei organizaţionale. A fost aşezat într-un mod tentant în prim plan, într-o carte importantă a lui James March şi Herbert Simon în 1958 şi apoi n-a fost dezvoltat de March, colegii şi studenţii săi şi acum provoacă teoria organizaţională. Această teorie susţine că soluţiile şi problemele organizaţionale sunt întoarse la întâmplare într-un „a putea” şi oamenii aleg în funcţie de oportunităţile care apar şi dispar. Soluţiile caută probleme pentru a le da viaţă şi participarea este impredictibilă. Cred că noţiunea de raţionalitate specială, schiţată, este o extensie a teoriei coşului de gunoi, indicând anumite motive din cauza cărora aparenta ineficienţă a organizaţiilor, judecate după modelul raţional, se dovedeşte a fi destul de eficientă dintr-un punct de vedere al raţionalităţii sociale.

Descoperirea Spaimei

În prezent, anumite opinii publice, obţinute în urma chestionării de către organizaţia de Decizie şi Cercetare şi membrii unui grup din cadrul Universităţii Clark susţin punctul de vedere al raţionalităţii sociale. Cercetătorii au explorat bazele aşa-zisei perspective iraţionale a publicului asupra anumitor tehnologii, precum puterea nucleară, şi au comparat punctul de vedere al experţilor în variate domenii cu cel

al câtorva reprezentanţi din public, în acest caz, studenţi, membrii unei asociaţii locale şi profesionale de afaceri, şi membrii ai Ligii Femeilor Votante.

Experţii şi membrii neavizaţi din public au fost de acord asupra gradului de risc al câtorva dintre treizeci de activităţi. Ambele grupuri au catalogat ca reprezentând un risc ridicat, automobilele, pistoalele, fumatul, consumul de alcool şi motocicletele. Un risc redus a fost acordat vaccinărilor, maşinilor de tuns iarba, pigmentării mâncărurilor şi aparatelor de uz casnic. Dar experţii şi publicul nu au reuşi să se pună de acord asupra puterii nucleare. Pe o scală unde 1 reprezintă cel mai înalt risc şi 30 cel mai scăzut, puterea nucleară a fost catalogată cu 1 de studenţi membrii Ligii Femeilor Votante. Membrii organizaţiei profesionale şi de afaceri i-au acordat 8, dar experţii i-au acordat un grad scăzut de risc, între 20 şi 30. De ce au loc discrepanţele?

Cercetătorii au observat în alte studii că estimările publicului asupra fatalităţii erau pline de erori sistematice, în parte prin articolele senzaţionale din ziare şi încercarea de reamintire a evenimentelor recente, astfel au verificat aceste lucruri. Au întrebat grupurile despre numărul de oameni care sunt predispuşi să moară în America în următorul an din cauza fiecărui tip de activitate, presupunând ca anul s-ar încadra într-o normalitate a ratei mortalităţii. (Dacă te gândeşti că acesta poate fi un exerciţiu dificil, ai dreptate. Ce credeţi că pot fi cifrele pentru scufundări şi maşini de tuns iarba, spre exemplu? Experţii apropie cifrele de cele corespunzătoare anilor trecuţi. Estimările oamenilor neavizaţi nu au fost foarte corecte. Se poate să supraestimeze numărul deceselor produse de maşinile de tuns iarba. Dar şi mai important, deşi se pot gândi că mulţi oameni au murit în acest fel, când li se cere să evalueze riscul acestei activităţi, îl pot aprecia ca fiind un risc scăzut. O altă activitate care a ucis mult mai puţini oameni, poate fi evaluată ca fiind mult mai riscantă. Aici putem avea o mai mare evidenţă a inabilităţii publicului de a judeca riscul: estimările publicului asupra riscului nu corespund nici propriilor lor estimări asupra daunelor.

Din fericire, interesaţi de această discrepanţă, cercetătorii de la Oregon au lansat o altă întrebare: Dar dacă ar fi o situaţie specială cu un an dezastruos? Pentru multe din activităţi estimările deceselor nu s-au schimbat mult, pentru altele s-au schimbat substanţial, iar în ceea ce priveşte puterea nucleară, estimările unei catastrofe într-un an

dezastruos au crescut pentru persoanele neavizate în domeniu. Astfel, probabilitatea unui dezastru a explicat discrepanţa dintre riscul perceput, fatalităţile anuale actuale cu privire la puterea nucleară şi alte câteva hazarde.

Acest lucru era logic. Publicul a estimat anumite riscuri în funcţie de posibilitatea apariţiei unui dezastru, nu în funcţie de recordurile înregistrate. Aceasta ar explica de ce oamenii îşi fac griji din cauza puterii nucleare fără să ia în considerare numărul de decese produs din cauza acesteia de-a lungul timpului. Dar vor fi încă o serie de discrepanţe între public şi experţi. Mergând mai departe, cercetătorii le-au cerut subiecţilor să evalueze fiecare dintre cele treizeci de activităţi după următoarele criterii: gradul în care riscurile activităţii au fost voluntare, controlabile, cunoscute ştiinţei, cunoscute celor expuşi acestora, familiare, înspăimântătoare, certitudinea că vor fi fatale, catastrofice, manifestate imediat. Aici cercetarea începe să obţină rezultatele scontate. Discrepanţa între cercetători şi public a dispărut: toate grupurile au estimat în mod similar riscul pentru respectivele activităţi din perspectiva fiecărei dimensiuni. Puterea nucleară a fost plasată la extreme, evaluată după toate caracteristicile, atât pentru experţi cât şi pentru public „Riscurile sale au apărut ca fiind involuntare, incontrolabile, neştiute, nefamiliare, catastrofale, înspăimântătoare şi fatale.

Observaţi că experţii au fost de acord cu oamenii neavizaţi în caracterizarea puterii nucleare, dar în acelaşi chestionar încă au încadrat-o într-un nivel de risc scăzut, de 20, în timp ce celelalte grupuri au estimat riscul cu valorile 1, 1, şi 8. Aspectele înspăimântătoare şi necunoscute, incontrolabile, au fost admise de către experţi, dar nu o gândire relevantă în estimarea riscului. Publicul nu a ajuns aşa departe. De fapt, pentru grupurile neavizate, 1 ar putea prezice exact evaluarea riscului din perspectiva lor, bazată pe evaluarea temerilor implicate în activitate şi probabilităţile unui accident fatal. Rata temerilor şi a mortalităţii, de asemenea au prezis îndeaproape estimările lor asupra numărului fatalităţilor care pot fi aşteptate într-un an catastrofic. Dar acest lucru nu a fost admis de experţi. Gradul în care un risc era privit ca un „risc terifiant" şi fatal nu a influenţat raţionamentul lor asupra riscului în general. Se pare că pentru experţi un deces este doar un deces, indiferent că este produs de scufundări sau iradiaţie.

Apoi cercetătorii au iniţiat un studiu mai amplu cu nouăzeci de hazarde şi optsprezece caracteristici ale riscului în loc de nouă. Rezultatele au fost conform studiilor precedente, dar mai elaborate. Ele puteau fi reprezentate de trei factori (însumări de judecăţi corelate, unde cele trei grupări erau independente una de alta). Cel mai important factor, de „risc terifiant", a fost asociat cu: lipsa controlului activităţii, consecinţe fatale dacă ar avea loc un anumit fel accident, un ridicat potenţial catastrofic, reacţii de spaimă, distribuirea inechitabilă a riscurilor şi beneficiilor (incluzând transferul riscurilor generaţiei viitoare) şi convingerea că riscurile sunt în continuă creştere şi nu sunt uşor reductibile.

Armele nucleare, puterea nucleară, terorismul, crima, gazele paralizante şi „apărarea naţională" erau consideraţi factori de risc înalţi. Este de observat că armele nucleare, puterea nucleară, şi activităţile militare sunt în general activităţi pe care le clasificăm ca fiind complexe şi în general strâns corelate – a doua celulă a hărţii noastre I/C, (vezi figura 9.1)

Este izbitor faptul că există o paralelă între factorii de „risc terifiant" şi complexul interactiv şi sistemele strâns legate. Corelaţia nu este perfectă, dar totuşi, două sisteme de clasificare diferite şi independente converg, una bazată pe o teorie a caracteristicilor sistemului care este independentă de potenţialul catastrofic, şi o alta care include acest potenţial dar şi mult mai multe alături de acesta, precum lipsa controlului perceput, distribuirea inechitabilă a riscului şi convingerea că riscurile sunt în continuă creştere şi nu sunt uşor reductibile. Evident, schema de clasificare a publicului este mai largă decât schema noastră din această carte. Este o combinaţie de intuiţii referitoare la sisteme cu o anumită percepţie a caracteristicilor sociale şi consecinţe care se ascund în spatele consecinţelor catastrofale.

Al doilea factor, „riscul necunoscut", include riscurile care sunt: necunoscute, inobservabile, noi, care întârzie în a se manifesta. Scoruri înalte la acest factor au obţinut: energia solară, cercetarea în domeniul ADN-ului, sateliţii care orbitează în jurul pământului, explorări spaţiale, lasere, puterea nucleară. Puterea nucleară a obţinut scoruri foarte mari la dimensiunea terifiantă cât şi la cea necunoscută. Factorul de risc necunoscut nu atât de bine relaţionat cu harta noastră I/C precum factorul de spaimă. Unele sunt procese mai degrabă decât sisteme şi nu pot fi plasate pe harta noastră. Există o asociere între

riscurile necunoscute şi complexitatea interactivă şi cuplajul strâns, dar nu pentru toate activităţile. Cercetările în domeniul ADN, sateliţii care orbitează în jurul pământului, explorările spaţiale şi puterea nucleară sunt sisteme pe care le considerăm extrem de complexe şi strâns legate.

Avem mai puţine informaţii despre a treia grupă „expunerea socială şi personală". Aceasta a implicat numărul oamenilor expuşi şi felul de expunere a fiecăruia. Hazardele în această dimensiune constau în accidentele rutiere, cofeină, băuturi alcoolice, fumatul, erbicidele, pesticidele. La nivelul cel mai scăzut de risc se aflau laserele, energia solară, explorarea spaţială, operaţiile pe inimă, scufundările. Nu a avut o influenţă atât de mare în modul de percepere a riscului ca şi ceilalţi doi factori, dar a reprezentat totuşi o contribuţie.

Din nefericire, riscurile înregistrate nu includ marea majoritate activităţilor industriale care ne interesează, precum uzinele chimice, mineritul, fabricile. Astfel, nu putem suprapune harta C/I şi dispunerea realizată de factorii de spaimă şi risc necunoscut. Dar comparaţiile care pot fi făcute sugerează concordanţa între clasificarea noastră şi percepţia hazardului de către public decât ar fi cu evaluarea experţilor, incluzând mulţi evaluatori ai riscului în guvern, industrie şi universităţi, care, în timp ce recunosc situaţiile care produc groază ţi riscurile care nu pot fi ştiute, nu le utilizează în stabilirea unei tare a hazardului. Ei folosesc anumite calcule simple sau estimări teoretice ale acestor calcule.

Dimensiunea ce cauzează spaimă: lipsa controlului, fatalitate ridicată, potenţial catastrofic, distribuirea inechitabilă a riscurilor şi beneficiilor, şi credinţa că riscurile sunt în creştere şi nu pot fi reduse de către tehnologie – a fost în mod cert cel mai bun predictor al riscului perceput. Aceasta este ceea ce am putea numi, după Clifford Geertz o „descriere groasă" a hazardului, mai degrabă decât o descriere „subţire". Cea subţire este cantitativă, precisă, logică, economică. Se încadrează domeniului ingineriei şi fizicii şi corespunde aşa-numitelor accidente survenite din greşeli-eşecuri care sunt predictibile şi pot fi înţelese şi pot trece şi printr-o secvenţă productivă. O descriere amplă, „groasă", recunoaşte dimensiunile subiective şi valorile culturale, în acest exemplu, pune în evidenţă scepticismul în ceea ce priveşte sistemele şi instituţiile create de om, şi pune accentul pe legăturile sociale şi natura ambiguă şi tentantă a

experienţei. O descriere amplă reflectă natura sistemului de accidente, unde au loc eşecuri neanticipate, irecognoscibile interacţiuni ale eşecurilor, şi sistemul nu permite recuperarea.

Asumarea Riscurilor sau Procese Fără Erori

Pentru majoritatea relelor care apar odată cu industrializarea, creşterea măsurilor de siguranţă, a pedepselor şi a restricţiilor ar fi suficientă pentru a le limita. Fumatul poate fi taxat mai mult, subvenţiile pentru industria tutunului eliminate, ţi fumatul poate fi interzis în toate locurile publice şi la locul de muncă. Siguranţa minieră poate fi îmbunătăţită; pot fi utilizate dispozitive pentru înlăturarea fumului. Chimicalele toxice pot fi mult mai controlate şi tot ce este lansat în mod ilegal trebuie eliminat (deşi pentru acest lucru ar trebui eliminată crima organizată, dacă ştirile din ziare despre implicarea ei în treburi ilegale sunt corecte). Automobilele şi autostrăzile ar putea fi construite cu mai multă siguranţă. Am realizat unele dintre aceste îmbunătăţiri şi am putea face şi mai mult-dacă elitele ar fi binevoitoare să-şi asume riscurile îndepărtării industriilor nocive. (Un risc enorm pe care naţiunile industrializate se poate să-l înfrunte cu referire la accidentele normale nu este luat în calcul în această carte; eliminarea acestui rău ar necesita măsuri mai drastice decât toate cele menţionate mai sus: aceasta este problema dioxidului de carbon produs în urma despăduririlor, dar de asemenea în urma arderii combustibililor fosili precum cărbune, petrol, lemn. Astfel ia amploare ameninţarea produsă de efectul de seră, încălzirea temperaturii globale, topirea calotelor glaciare, şi o serie de alte schimbări, majoritatea dezastruoase. Dacă este semnificant – experţii nu sunt de acord cu acest lucru – se poate să avem doar câteva decenii să rezolvăm această situaţie; dar s-ar putea să fie prea târziu. Este unul dintre cele mai puternice jocuri pe care susţinătorii puterii nucleare le pot juca, deşi gravitatea problemei, după anumite estimări, ar strivi capacităţile industriei nucleare. Va trebui să ne rezervăm energia şi resursele naturale din multe ramuri ale industriei şi să le utilizăm pentru a construi uzine nucleare pentru generaţia următoare, conform anumitor estimări. O serie de oameni de ştiinţă, ingineri şi operatori trebuie să fie recrutaţi şi antrenaţi.

Dacă problema nu este atât de mare, este posibil ca o schimbare masivă şi aproape imposibilă spre conservare şi energie solară să facă diferenţa, dar pentru conservarea acelor celule solare şi colectori este nevoie de foarte multă energie pentru a construi şi distribui, deşi greu,

la fel de mult ca şi pentru o sută de uzine nucleare doare în S.U.A. Crearea sistemelor de siguranţă nu poate fi realizată fără poluare, pentru câteva decenii, de către principalii vinovaţi, naţiunile industrializate. Colaborarea internaţională şi planurile care trebuie să fie realizate vor fi fără precedent.

Dar merită să ne întrebăm dacă am progresat suficient ca specie pentru a stăpâni problema iminentă a ADN-ului, uzinelor chimice, nucleare, armelor nucleare. Să ne amintim principala teză evidenţiată în această carte: sistemele care transformă materiale brute toxice, sau cu potenţial exploziv, sau acelea care există în medii ostile, se pare că sunt necesare proiecte care antrenează multe interacţiuni care nu sunt vizibile şi în producţia estimată. De vreme nu nimic nu e perfectnici proiectele, echipamentele, procedurile de operare, operatorii, materialele, rezervele, mediul, – vor exista eşecuri. Dacă interacţiunile complexe vor fi mai puternice decât dispozitivele de siguranţă proiectate sau nu se vor potrivi cu acestea vor exista eşecuri neaşteptate şi incomprehensibile. Dacă sistemul este de asemenea strâns legat, şi nu dispune de mult timp pentru refacerea următoare eşecului, nu poate fi limitat la părţi sau unităţi, dar va aduce prejudicii subsistemelor sau sistemelor. Aceste accidente sunt în primul rând cauzate de greşelile existente, dar devin accidente mai degrabă decât incidente din cauza naturii sistemului însuşi; ele sunt accidente de sistem şi sunt inevitabile sau „normale” pentru aceste sisteme.

Se pot face multe pentru a îmbunătăţi siguranţa acestor sisteme într-un fel sau altul, dar accidentele nu pot fi complet evitate. Controlul calităţii, antrenarea operatorilor, experienţă creatoare în domeniu, şi controlul mediului ar fi de folos, dar nu ar fi suficient. Aceştia sunt paşi benigni pentru a reduce frecvenţa accidentelor de sistem. Dar există o soluţie care s-ar putea să nu fie atât de benignă: a înfiinţa structuri organizaţionale autoritare, puternic centralizate.

Discuţia pe care am avut-o despre gândire sau cunoaştere, este foarte irelevantă pentru inevitabilul fapt că întreprinderile care presupun un nivel ridicat al riscului sunt întreprinderi organizaţionale. Ca şi speranţă, analiza noastră asupra riscului poate fi făcută într-un mod mai raţional şi ştiinţific, precum structuri organizaţionale autoritare pentru întreprinderile noastre supuse riscului. În viziunea lor, noi trebuie să eliminăm doar „erorile de operare”. Ne-am confruntat cu organizaţii în cuprinsul acestei cărţi. Este momentul să

înfruntăm explicit contextul în care apar catastrofele. Ce anume ştim despre organizaţii şi cum ne ajută acest lucru în reducerea riscurilor? Ştim destul de puţin, intuitiv, doar prin simpla noastră existenţă în această lume. De asemenea ne putem documenta despre un subiect important citind foarte multe cărţi, oricum subiectele importante au aproape întotdeauna asemenea organizaţii în structura lor, cel puţin undeva în spatele scenei. În final, aceia dintre noi care suntem familiarizaţi cu deceniile de cercetare a organizaţiilor, se poate să ştim un pic mai mult, un fapt folositor. Topica organizaţiilor este relevantă pentru sistemele de risc înalt, cel puţin la fel de importantă precum posibilitatea de a ne afla într-o situaţie problematică din punct de vedere tehnologic. Această carte a început printr-un banal accident de sistem fără catastrofe. O mai bună organizare a afacerilor noastre se poate să fi făcut o diferenţă în ceea ce priveşte ibricul de cafea şi istoria interviurilor pentru locurile de muncă, dar nu una semnificativă; ar fi fost mai util mai mult noroc, astfel încât unul dintre dispozitivele de siguranţă să nu fie depăşit de situaţie. Apoi am mers mai departe dezbătând industria nucleară. Am susţinut că nu trebuie să ne aşteptăm ca puterea nucleară să se ridice deasupra mediei industriei în competenţa organizaţională sau onestitate. Lipsa amândurora nu a afectat TMI, deşi eu au contribuit la această problemă. Planurile bine puse la punct presupun de asemenea accidente ale sistemului, ca şi uzinele chimice perfecţionate. Revizuirea noastră asupra câtorva constructori de avioane a sugerat indiferenţă exagerată pentru siguranţă, dar, nici liniile aeriene nici avioanele nu sunt predispuse la probleme organizaţionale, dar industria marină este A fost analizată ca un sistem de inducere în eroare, şi toate variabilele supuse analizei erau organizaţionale, incluzând sugestia că mai degrabă decât să punem tehnologia la dispoziţia unui sistem autoritar de luare de deciziilor la bord, ar trebui să recunoaştem sistemul de luare a deciziilor. Misiunile spaţiale susţin în mod dramatic conceptul că operatorul trebuie lăsat în buclă, pentru că buclele celor care le-au proiectat sunt foarte sigure, şi informaţia greşită şi construcţia realităţii de către directori, alături de presiuni asupra producţiei, pot conduce la probleme. Construirea de prăpăstii, în cele două studii de caz asupra eşecului Teton şi al prăpăstiilor radioactive, a sugerat eşecuri organizaţionale similare industriei puterii nucleare, şi mineritul de asemenea reflectă un comportament organizaţional slab

structurat, în special în desemnarea greşelii de operare şi eşecul de a asigura protecţia elementară în cazul unor mixturi cu potenţial exploziv. În ceea ce priveşte ADN-ul am fost cu adevărat critici. În graba de a publica şi de a obţine profit pot fi omise precauţiile elementare.

Dar trebuie să ajungem acum la o limită mai sistematică asupra anumitor organizaţii, un fel de „Împingemasătetrag" din poveştile lui Doctor Dolittle (o bestie cu capete şi în faţă şi în spate care voia să meargă în două direcţii simultan.) Organizaţiile interacţionează complex sub influenţa riscului, cele strâns legate în celula 2 a hărţii noastre interactive. (vezi figura 9.1). Ar trebui considerată împreună cu figura 9.2 pentru a elucida dilema. Voi susţine că acele sisteme cuplate, complexe dar inexacte (celula 4, precum universităţile) sunt cele mai descentralizate. Sistemele cuplate lineare şi inexacte (celula 3, majoritatea manufacturi) pot fi la fel, dar sistemele complexe şi strâns legate (celula 2, incluzând puterea nucleară) nu pot fi le fel-solicitările de control al eşecurilor sunt contradictorii în cadrul acestor sisteme.

Sistemele cu o complexitate interactivă (celulele 2 şi 4) vor cauza interacţiuni neaşteptate de-a lungul multiplelor eşecuri. Chiar dacă acestea sunt problematice şi de nedorit, nu este neapărat necesar să se producă accidente-aceasta ar însemna afectarea unui subsistem sau a sistemului ca întreg. Accidentele vor fi evitate dacă sistemul este de asemenea aproximativ cuplat. (celula 4, universităţi şi unităţi R & D), deoarece această cuplare oferă timp şi căi alternative pentru a se descurca cu situaţiile care pot dezorganiza sistemul şi a limita impactul acestora. Dar pentru a utiliza aceste avantaje ale sistemelor aproximativ cuplate, aceia care analizează deranjamentele apărute trebuie să interpreteze liber situaţia şi să adopte acţiuni corective. Din moment ce aceste deranjamente sunt de obicei experimentate întâi de către operatori (incluzând aici supervizorii principali şi alt personal la datorie, precum tehnicieni,) aceasta înseamnă că sistemul ar trebui descentralizat. Acest personal are de îndeplinit două sarcini: a analiza situaţia şi a acţiona în aşa fel încât să prevină extinderea erorilor. Interacţiunile neaşteptate şi incomprehensibile nu vor permite o analiză imediată a cauzei accidentului, dar dacă acţionează cu o intensitate slabă în sistemele aproximativ cuplate, acest lucru nu este esenţial. Este suficient ca personalul să perceapă o stare nedorită a sistemului (deşi este neaşteptată şi cauzele ei sunt misterioase) şi să

procedeze astfel înainte ca aceasta să interacţioneze cu alte unităţi sau subsisteme. Pentru a face asta ei trebuie să fie în stare să se „agite”, să arunce o privire şi să se furişeze în sistem, să reflecteze asupra evenimentelor trecute care au stârnit curiozitate, a pune întrebări şi a se verifica prin intermediul altora. În realizarea muncii de diagnosticare („Este ceva în neregulă? Ce se poate întâmpla dacă este ceva în neregulă”?), personalul trebuie să aibă subtilitatea să-şi oprească munca lor obişnuită şi să treacă de graniţele departamentului pentru a face anumite schimbări care în mod normal ar necesita autorizaţie. Aceasta este o parte a descentralizării. Această amânare şi experimentare sunt posibile datorită cuplajului inexact, dar este cerută de complexitatea interactivă. Odată ce este identificată o stare neplăcută, şi se formează anumite perspective asupra consecinţelor, acţiunile de refacere trebuie să aibă loc pentru a preveni împrăştierea eşecului. Într-un sistem aproximativ corelat, sunt suficiente resurse, căi alternative, substituţi şi dispozitive de siguranţă pentru a susţine procesul de refacere. Dar cele mai adecvate persoane pentru a aduce aceste lucruri în joc sunt aceia care ştiu în ce constă dereglările sistemului. Deşi, acolo unde sistemele sunt atât complex interactive cât şi aproximativ cuplate, descentralizarea este eficientă atât pentru diagnosticare cât şi pentru refacerea din erori. (Este adecvată pentru aceste sisteme şi din alte motive decât pentru a înfrunta erorile, de vreme ce aceste sisteme pot beneficia de pe urma unor interacţiuni neaşteptate ale unor evenimente care nu au fost sus-puse eşecului, numite sinergie, care fac faţă cu uşurinţă „materiale brute” nestandardizate, şi care pot utiliza profesionalişti care au fost socializaţi prin antrenament profesional şi astfel pot fi lăsaţi nesupravegheaţi deoarece şi-au însuşit normele de rigoare.

La extrema cealaltă, (celula 1, linear şi strâns cuplat), consideraţi o operaţiune de procesare continuă, cu tehnologie bine stabilită, materiale brute standardizate şi un sistem linear de producţie. Aici cuplajul strâns este necesar pentru eficienţă, şi poate fi tolerat pentru că tehnologia este bine înţeleasă şi materialele bine controlate. Când apar eşecurile, care inevitabil apar, nu vor interacţiona în feluri neaşteptate şi incomprehensibile, ci în feluri preconizate şi vizibile. Sistemul programează răspunsuri pentru aceste greşeli rare dar de aşteptat. R Răspunsurile sunt determinate în cadrul proiectului şi angajaţii din toate nivelurile trebuie să le execute fără a

pune întrebări. Trebuie să fie îndeplinite imediat şi precis din cauza cuplajului strâns, sau eşecul se poate extinde de la o parte la o unitate şi la întreg subsistemul. Acest lucru nu reprezintă o problemă. Angajaţii l-au aşteptat şi l-au dorit. Nu este timp pentru a aduce în scenă noi dispozitive de siguranţă şi nu avem alte alternative pe care le putem utiliza decât cele care au fost programate. Exerciţiile repetate vor asigura reacţii rapide şi adecvate, dar reacţiile sunt prezise dinainte, de către autoritatea centrală. Sistemul operează aproximativ la fel în modul de producţie precum şi în modul de eşec, astfel centralizarea este adecvată.

Pentru organizaţii care sunt şi lineare şi aproximativ cuplate (celula 3, majoritatea manufacturilor, şi agenţiile cu un singur obiectiv precum controlul stării alcoolului, înregistrarea vehiculelor sau autorizarea birourilor.) centralizarea este posibilă datorită liniarităţii, dar descentralizarea este posibilă datorită cuplajului aproximativ. Astfel, ar exista o soluţie pentru aceste organizaţii, în măsura în care structurile organizaţionale afectează refacerea din eşecuri inevitabile. Faptul că majoritatea au optat pentru structuri centralizate spune destul de multe despre normele elitelor care au proiectat aceste sisteme, şi poate şi despre chestiuni subtile precum „reproducerea sistemului de clasă" (a ţine oamenii la locul lor) Teoreticienii organizaţionali găsesc în general aceste organizaţii supracentralizate şi recomandă forme variate de descentralizare atât pentru productivitate cât şi din motive ale raţionalităţii sociale.

Pentru sistemele complexe interactive şi strâns legate (celula 2, incluzând uzinele nucleare, sistemul de arme nucleare, uzine chimice, misiuni spaţiale şi ADN) cererile sunt inconsistente. Din cauza complexităţii ele sunt cel mai bine descentralizate; din cauza cuplajului strâns ele sunt cel mai bine centralizate. De vreme ce un anumit amestec poate fi posibil, şi este câteodată obosit, uzat, la te descurca de unul singur cu datorii mici, dar a executa ordine de sus în legătură cu anumite chestiuni serioase), acesta pare dificil pentru sistemele care sunt complex responsabile şi strâns legate. Am văzut misiunile spaţiale trecând de la o formă înalt centralizată în prima misiune la una mai descentralizată în cazul obiectivelor de a ajunge pe lună şi oarecum navele spaţiale mai puţin complexe şi strâns legate pot permite o mai mare descentralizare. Făcând o predicţie, consider că tensiunile dintre cele două modele vor persista şi vor consuma o bună parte din energia

organizaţională. Nici uzinele chimice nu sunt foarte complexe şi cu un cuplaj foarte strâns, dar am văzut ingineri din domeniul siguranţei discutând despre problema de a aduce mai mulţi operatorii pe măsură ce procesul devine mai complex, şi am văzut operatori care au depăşit sistemele automatizate, centralizate pentru a decupla părţi din uzină şi pentru a închide manual propriile lor părţi afectate. Nu ştiu atât de multe despre această industrie încât să pot să afirm dacă această problemă, de a fi simultan centralizat şi descentralizat, este costisitoare sau va avea continuitate, dar mă aştept să fie astfel.

În cazul puterii nucleare sunt încrezător că aşa este. Am participat o dată la nişte discuţii în cadrul Comisiei de Control Nuclear şi directorii industriei nucleare, despre structura organizaţională optimă pentru uzinele nucleare. Ne-am învârtit recent în problema oferirii unor răspunsuri rapide, indiscutabile, ordinelor de sus (sau ordinelor în cazul procedurilor manuale), şi în acelaşi timp a permiterii unei discreţii pentru operatori. În ceea ce priveşte discreţia, operatorii au posibilitatea de a oferi un diagnostic unic al problemei şi să lase la o parte maniera standard de diagnosticare, şi să fie eliberaţi de ordinele autorităţilor îndepărtate care nu au trecut prin experienţa zilnică cu sistemul. Putem să observăm nevoia care apare pentru ambele lucruri. Nu am putut găsi o cale de a le avea pe amândouă. În mod predictibil, NRC şi personalul industrial, confruntaţi cu incompatibilitatea, vor alege modelul centralizat. Proiectul centralizat pentru uzinele nucleare recomandat de majoritatea personalului industrial şi de control, trece dincolo de acestea în cazul majorităţii manufacturilor sau uzinelor de procesare continuă din cauza potenţialului catastrofic prezent. Proiectul centralizat are atunci implicaţii pentru societate. Sugerează un model militar pentru vreme de război în cadrul unei operaţii civile în vreme de pace. Un model militar reflectă o disciplină strictă, supunere necondiţionată, socializare intensă, şi izolare de modul de viaţă civil, normal. (Eu construiesc aici schiţe pe un model idealiza; nu există nicio sugestie ca organizaţiile noastre militare actuale să se asemene cu ceea ce am descris aici). Proiectat pentru a apăra o „societate liberă", trebuie să încalce libertatea. Deoarece sistemul militar este preocupat de împotriva atacurilor violente asupra existenţei noastre, i se oferă o libertate pe care alte grupări nu o au. Structura sa nu este un lucru pe care noi în general îl aprobăm, ci mai degrabă este una pe care

societatea o tolerează datorită problemelor şi circumstanţelor speciale cu care se confruntă. Eforturile de a extinde acest model asupra industriei în secolele XIX şi XX au eşuat; era prea incompatibil cu valorile sociale şi culturale americane. Se pune atunci întrebarea dacă nu cumva noi nu proiectăm mai multe sisteme care sunt simultan complexe şi strâns cuplate, şi acest lucru va necesita extinderea unui model militar al organizaţiilor în cadrul cât mai multor activităţi din societate în numele progresului, apărării, competiţiei, sau în fine.

Chestiunea a fost pusă în discuţie odată cu reprezentativele industriale menţionate mai sus, dar a apărut mult mai puternică în cazul anchetei asupra accidentului de la Three Mile Island.

Aceşti oameni obişnuiţi

Imediat după accidentul de la Three Mile Island, preşedintele Carter a mobilizat o prestigioasă comisie pentru a cerceta acest fapt, Comisia Kemeny, după cum s-a numit. După ce comisia a adunat dovezi vreme de câteva luni, membrii s-au întâlnit în sesiuni restrânse pentru a finaliza raportul. Sesiunile erau transcrise, şi rezumatul şi citatele următoare unei singure întâlniri (Septembrie, 15 1979; transcrierile sunt disponibile în sala de lectură a NRC Three Mile Island) ilustrează câteva întrebări cheie ale acestei cărţi: Este necesar ca sistemele de risc înalt să opereze diferit de cele care implică un risc redus? Care este preţul pentru încercarea de a sincroniza complexitatea cu un cuplaj strâns? Aceste întrebări au fost discutate intens; au existat probleme practice imense pentru o comise care ar putea avea principalul rol şi ar putea influenţa preşedintele şi Congresul.

În primul rând comisia a trebuit să confrunte realitatea asupra modului de funcţionare al uzinelor nucleare în prezent, atunci când funcţionează corect. Ei au fost surprinşi. Din perspectiva utilităţii, Metropolitan Edison, a Unităţii 1 a uzinei, nevătămată, au descoperit o alarmantă lipsă a păstrării şi îngrijirii de bază a uzinei, şi indiferenţă pentru acest lucru. Stalactitele şi stalagmitele lungi de 3 picioare erau fără supape de scurgere; piscine cu apă radioactivă erau în paragină; grămezi de unelte radioactive, materiale, şi îmbrăcămintea de protecţie era împrăştiată cu bucăţi de hârtie deasupra ei pe care se putea citi laconic „fierbinte”. Instalaţii electrice atârnau din plafon. Într-o altă ocazie unul dintre grupuri cu care comisia lucra a fost chemat la un tur prin Unit 1. A raportat membrilor comisei la

întâlnirea din septembrie că inginerii care au condus acest tur nu au înţeles proiectarea de bază a sistemului sau importanţa unor probleme precum firele electrice atârnând din plafon. Unul dintre membrii comisiei avea o vastă experienţă industrială-Patrick E. Haggerty, Director General al Instrumentelor Texane şi membru influent al comitetului executiv al Comisiei Tri-laterale. (care e în mod cert pronucleară, sfătuind naţiunile avansate industrial din Vest şi Japonia să devină puteri nucleare). El a afirmat că există întotdeauna fire electrice atârnând împrejur într-o uzină din Texas şi inginerii de multe ori nu ştiau cum funcţionează întregul sistem. (Acest lucru poate fi în regulă pentru TI, a spus cineva din comisei, dar nu pentru o uzină nucleară.) El şi alţi membri ai comisiei au fost de acord cu faptul că o uzină nucleară nu se poate închide pentru fiecare scurgere POR V, deoarece acest lucru generează alte probleme. „Toţi ştim" a afirmat, „că cel mai bun lucru pe care îl putem face este să menţinem ceva în funcţiune…" Iar în cazul supapelor de scurgere şi al închiderii uzinelor, uzina nu trebuie să informeze publicul asupra problemelor pe care le înfruntă. Sociologul comisiei, Cora Marrett, a afirmat: „Ar fi ridicol" ca serviciile publice să ofere informaţii despre tot ce s-a întâmplat, fapt care poate fi împotriva siguranţei, trecând astfel peste dreptul la secret al serviciilor publice. Harry C. McPherson, influentul avocat din Washington şi un important agent de bursă la administraţia Lyndon Johnson, a avut aceeaşi opinie. Nu trebuie să facă mai mult decât uzinele General Motors.nu este nicio diferenţă.

Peterson, preşedintele Societăţii Naţionale Audubon şi fost director în cercetare în cadrul duPont, nu a fost convins. „Ei au nişte lucruri foarte periculoase în acea clădire. A fost un mic semn pe birou, când eram în uzină, spunând astfel „Puterea Nucleară Oferă Siguranţă". Pigford (profesor de inginerie nucleară la Universitatea din California, Berkeley şi fost angajat al unei instituţii de vânzare nucleară.) a insistat că „ei s-au gândit că era totul era în siguranţă". (Se întreba de ce oare aveau nevoie de acel semn pentru a le reaminti că totul este în siguranţă, dacă lucrurile ar fi fost într-adevăr aşa.) Peterson a replicat: „Ştiau foarte bine că era periculos" continuând „Este uşor să lucrezi în siguranţă când confecţionezi o ţinută de haine dar nu când produci energie nucleară". Apoi el a subliniat din nou diferenţa: „Este o mare diferenţă" între uzine nucleare şi uzine precum General Motors, „şi acum comunitatea ştie acest lucru". Pigford l-a dezaprobat puternic pe

Peterson în ceea ce priveşte diferenţa dintre industrii, prin urmare a dezaprobat şi teza acestei cărţi. „Nu ştiu asta, le voi examina pe fiecare" a replicat el.

Controversa era de mare importanţă. Am susţinut tot timpul ca uzinele nucleare, din nefericire, nu funcţionează diferit de majoritatea industriilor şi că nu putem să ne aşteptăm la foarte multă siguranţă din partea activităţilor industriale. Dar ar trebui să fie diferite din cauza complexităţii, infrastructurii şi potenţialului catastrofic. Membrii proindustriali ai comisiei au prezentat cu o evidenţă dramatică faptul că TMI, funcţiona, de fapt, ca şi Texas Instruments sau General Motors, astfel au susţinut că acest lucru nu contează. Cred că au fost pe lângă subiect, deşi formau majoritatea comisiei, deoarece McPhearson a concluzionat în final că există o diferenţă între aceste forme industriale. Dar apoi a propus o manieră prin care diferenţa poate fi controlată: „Există un model de sistem nuclear diferit de cel existent în ţara noastră, în sistemul nostru comercial" a spus el. „Acesta este programul reactorului naval, care funcţionează pe baza unui pumn de fier, fiecare decizie este luată cu foarte mare grijă la un nivel înalt, antrenament intens, disciplină intensă a operatorilor". Merită consideraţia noastră, a continuat el, deoarece majoritatea uzinelor dispun de oameni indisciplinaţi, nemotivaţi, neantrenaţi. „Trebuie să luăm serios în considerare problema naţionalizării".

Discuţiile care au urmat au aprobat în general criteriul pumnului de fier al lui McPhearson, dar nu au aprobat ideea naţionalizării. Poate, pe mâinile cui trebuie, au considerat unii, principiul pumnului de fier poate să funcţioneze. În final, Lewis, decanul Facultăţii de Jurnalism la Universitatea din Columbia a intervenit în discuţie centrând-o pe evaluarea riscului:

„Chiar nu pot să cred ceea ce aud. Vom spune, pentru a continua cu subiectul problemei nucleare, vrem să riscăm un anumit număr de vieţi? Vom centraliza şi militariza această sursă atât de periculoasă de putere? Nu-mi place acest lucru aplicat unei operaţiuni pe timp de pace. Mă deranjează, doar gândesc în termeni sociali. Şi vrem să facem toate aceste lucruri pentru ce? Nu am explorat şi alte alternative de a obţine energie. Vreau să spun, că suntem dispuşi să riscăm sănătatea şi siguranţa, un accident serios, pentru a centraliza o sursă de putere într-o formă militarizată?"

Au urmat discuţii aprinse după câte se poate imagina, pentru

ceva vreme. Mulţi nu voiau să audă aceste lucruri. Apoi, tot pe un ton frustrat, Lewis a luat din nou cuvântul asupra unei probleme a unui tip special de sistem:

„Aţi văzut NRC şi cred că întrebarea pe care o pun este dacă dumneavoastră chiar vreţi să încredinţaţi siguranţa familiei pe mâinile acestor oameni? M-am uitat la domnul Galena şi Denton şi Hendrie (oficialităţi de top ai NRC activi în tentativa de recuperare şi frecvent interogaţi de Comisie) şi la toţi ceilalţi. Şi observ că acesta este un lucru teribil pus în mâna acestor oameni".

Dar Pigford nu va renunţa: „Nu se poate să nu existe accidente", a afirmat el. „Trebuie să realizăm că nu suntem capabili să aflăm ceea ce este acceptabil".

Asta a devenit şi opinia majorităţii. De la presupunerea că „uzinele sunt toate la fel, şi nu necesita precauţii speciale" ei au trecut la nevoia unui regim militar deoarece sunt speciali, pentru a spune în final: „la naiba cu evaluarea riscului, să mergem înainte". Raportul comisiei spunea în mare parte: „Acum lăsaţi-ne pe noi să facem o treabă mai bună".

Pigford avea dreptate, nu se poate să nu existe accidente. Nici obiectivele spaţiale nu fac o prezentare a unui potenţial catastrofic. Dar când imităm cutii cu plutoniu dam naştere unuia. Răspunsul este să nu imităm plutoniul, iar noi şi sovieticii ne-am oprit. Dar unele lucruri nu pot fi oprite. Au fost accidente catastrofale şi în cadrul programului naval nuclear Admiral Rickover, „funcţionând pe baza pumnului de fier, fiecare decizie luată la un nivel înalt, nimeni nu coboară sub aceste standarde". Deci şi profesorul Lewis are dreptate. De vreme ce vor exista accidente trebuie să analizăm dacă o activitate pe timp de pace merită întreţinută dacă necesită o astfel de ordine socială. Chiar dacă nu poate preveni accidentele. Două submarine nucleare au ajuns pe fundul oceanului cu tot echipajul.

Teoreticienii organizaţionali probabil nu vor renunţa până nu vor găsi organizaţiile care să funcţioneze perfect, chiar şi acolo unde nu există un potenţial catastrofic. Este o limitare perpetuă-dacă este o limitare-a condiţiei umane. Acest lucru înseamnă că oamenii nu pot exista pentru a oferi totul unor organizaţii conduse de către altcineva, şi acele organizaţii vor funcţiona inevitabil într-o anumită măsură împotriva intereselor lor. De aceea nu reprezintă o problemă de „capitalism"; ţările socialiste şi chiar sistemul comunist ideal nu pot

elucida dilema eforturilor organizate şi cooperante pe orice scală substanţială şi cu orice grad de complexitate şi incertitudine. La un anumit nivel costurile implicate în obţinerea ascultării depăşesc beneficiile unei activităţi organizate.

Ce este de făcut?

Întrebarea ce este de făcut în legătură cu sistemele noastre de risc înalt depinde de definirea problemei. Până acum, puteţi presupune în mod corect că nu voi afirma că acesta este reprezentată de operatorii nepregătiţi, dar sunt trei alte alternative pe care aş vrea să le elimin în mod corect şi sumar, şi anume tehnologia, capitalismul şi lăcomia, înainte de a discuta un candidat mai bun, „factorii exteriori". Argumentul tehnologiei care mă îngrijorează aici nu a fost cel prezentat în această carte, acela că elitele s-au decis pentru adoptarea unor tehnologii de risc înalt care vor duce inevitabil la accidente de sistem. Unul mai convenţional pe care aş vrea să-l elimin afirmă pur şi simplu că suntem sub controlul unor imperative tehnologice care ameninţă să ne distrugă valorile culturale şi natura noastră. Putem aminti eşecul sistemelor de evitare a coliziunilor în muncă, şi inventarea ogivei multiple, în susţinerea acestui fapt. Sistemele sunt prea complexe şi nivelul la care am ajuns a depăşit capacitatea noastră de înţelegere. Se regăseşte puţin din această filosofie în această carte, în special în argumentarea raţionalităţii sociale. Dar, în primul rând, nu există imperative în organizarea socială a societăţii care să forţeze tehnologia spre progres. Oamenii – elitele-consideră că anumite posibilităţi tehnologice trebuie finanţate şi plasate acolo unde le este locul. În al doilea rând, majoritatea tehnologiilor noastre nu ne ameninţă valorile, natura sau viaţa. Nu se poate ca cineva să fie antitehnologie fără a fi implicit anticultură şi antinatură; săpăliga, roata, gătitul, implică tehnologie.

Un alt candidat posibil de învinuit este grupul de oameni care iau deciziile în societatea noastră aceştia au reputaţia de a fi capitalişti sau agenţi guvernamentali ai capitaliştilor. Criticii susţin că organizarea unei economii în jurul profitului privat conduce la îngrijorări de scurtă durată şi neglijează consecinţele pe termen lung. Am observat că rolul producţiei face presiuni repetate. În plus, capitaliştii pot ignora „factorii exteriori" sau costurile sociale ale activităţilor lor (poluare, accidente) deoarece sunt construiţi din publicul ca reprezentând un întreg sau nişte segmente ale sale.

Costurile sociale ale fiecărui capitalist sau corporaţii sunt foarte mici, de vreme ce sunt împărţiţi prin societate, sau inexistenţi dacă sunt născuţi doar din grupuri particulare. (muncitori, locuitori din Time Beach, Missouri, sau Seveso, Italia.) Guvernul aşteaptă să redreseze balanţa prin control, reglare, dar de vreme ce guvernul este exagerat orientat către domeniul afacerilor şi este alcătuit din oameni de afacere (incluzând avocaţii care servesc intereselor afacerii), nu reuşeşte. În plus guvernul necesită organizaţii pe scală largă pentru a se descurca cu organizaţiile pe scală largă pe care capitalismul le consideră necesare, şi acestea sunt implicit limitate şi ineficiente. Chiar dacă grupurile care se ocupă de control erau formate din adepţii sărăcăcioşi ai mediului, ar exista o ineficienţă substanţială. Aşa funcţionează organizaţia capitalistă cu privire la problema noastră ce implică sistemele de risc înalt.

În timp ce eu consider că acest capitalism este reprezentativ pentru multe dintre lucrurile care se întâmplă în lume, odată ce sistemul a fost stabilizat, lumea s-a schimbat atât de substanţial, încât invocarea capitalismului ca şi cauză a acestor probleme specifice nu are relevanţă în contextul acestei cărţi. Ţările socialiste (în parte deoarece ele trebuie să concureze cu cele capitaliste, şi în parte datorită limitelor activităţii organizate) se comportă preponderent la fel. Poluează, ignoră costurile pe termen lung, şi cel puţin în sfera sovietică, solicită muncitorii mult mai mult decât societăţile capitaliste. (Deoarece muncitorii nu pot riposta). Presiunile producţiei sunt foarte ridicate în ţările socialiste şi variază substanţial în ţările capitaliste (ridicate în minerit şi vapoare, scăzute în transportul aerian.). Capitalismul în sine nu este o explicaţie folositoare sau semnificativă.

Poate fi vorba atunci despre o explicaţie mai puţin ambiţioasă decât capitalismul, şi anume lăcomia, (datorată naturii umane sau condiţiilor structurale), sau într-o formă mai analitică-câştigul privat sau binele public? Aceasta este folositoare pentru a sublinia diferenţele din cadrul societăţii capitaliste şi socialiste. Unele societăţi au standarde mai ridicate decât altele în ceea ce priveşte profitul privat, şi anumite activităţi permit o expresie mai puternică a câştigului privat decât altele. Birocraţia urmăreşte câştigul privat cu la fel de multă ardoare în ţările capitaliste precum şi în cele socialiste, deşi beneficiile private sunt considerabil limitate (case de vacanţă şi scoli pentru copiii elitelor în ţările socialiste, în contrast cu averi

enorme şi o putere arbitrară în cadrul ţărilor capitaliste). Nu mi se pare că plafonările (precum taxele sau alte forme prin care este redistribuită bunăstarea) ar avea un impact major asupra creaţiei şi operării cu sisteme de risc înalt, deşi cred că este esenţial pentru o societate justă. Dar în cadrul fiecărei societăţi putem identifica activităţi unde profitul privat se obţine uşor. (uzine chimice) şi unde profitul este mult mai greu de obţinut (misiuni spaţiale). Ar fi greu să clasificăm toate sistemele noastre doar după acest criteriu; unele sisteme cu cel mai mare potenţial catastrofic sunt activităţi guvernamentale (armamentul nuclear) şi sistemele cu cel mai scăzut potenţial catastrofic pot fi private (transportul aerian). Nu profitul privat pare a fi problema care trebuie depăşită.

Încercarea de definire a problemei are mult de-a face cu rolul „factorilor exteriori". Aceştia reprezintă costurile sociale ale unei activităţi, (poluare, vătămare, anxietate) care nu se reflectă în preţurile implicate de activitate. Aceste costuri sociale sunt lansate de cei care nici nu beneficiază de activitate, sau dacă o fac, nu cunosc factorii exteriori. Aceştia sunt importanţi în cazul sistemelor de risc înalt din cauza, spre exemplu, a costurilor curăţării substanţelor toxice, sau reconstruirii după un anumit eşec. Preţul electricităţii provenite din uzinele nucleare nu reflectă marile subvenţii guvernamentale, nici cele ale problemelor de stocare pe termen lung, nici costurile neştiute ale reactoarelor scoase din funcţiune după ce li s-au alocat ani de muncă serioasă, în cazul în care au funcţionat atât de mult. Dacă toate acestea nu ar fi fost luate serios în considerare în perioada anului 1950, şi incluse în cost, această carte nu ar fi fost scrisă deoarece niciun serviciu de informaţii nu ar fi comandat o uzină. Factorii externi ai uzinelor energetice pe bază de cărbune ar fi fost enormi fără un proces adecvat de filtrare. Şi aceştia cuprind teritoriul mai multor state şi depăşesc graniţa canadiană. Începem acum să înţelegem acest lucru. Factorii exteriori se pot găsi şi în obţinerea de profit şi în activităţile guvernamentale. Corpul Inginerilor nu este o organizaţie de obţinere a profitului, dar posibilii factori exteriori ai eşecului de baraj nu sunt incluşi în bugetul pe care îl solicită. Perspectivele publicate asupra sistemelor noastre de armament nu includ bani puşi deoparte pentru accidentele care survin. Dacă factorii externi ar contribui la preţul produsului, consumatorul de electricitate, protecţie sau motociclete, ar putea face o alegere mai bună.

Produsele care sunt vândute direct consumatorului final nu pot ascunde factorii exteriori la fel de bine ca acelea care sunt vândute indirect. Sistemele, publice sau private, care au victime predictibile şi identificabile sunt mai deschise spre luarea în considerare a factorilor externi, decât acelea ale căror victime sunt anonime, incerte. Sistemele care dispun de un statut înalt, sunt articulate şi dispun de operatori ai resurselor bine pregătiţi aduc de obicei factorii exteriori la cunoştinţa publicului (presând astfel elitele sistemului), spre deosebire de acelea cu un statut scăzut, nearticulate şi cu grupuri sărăcăcioase de operare. Pentru a-şi proteja propriile interese, operatorii din prima categorie susţin interesele publicului, de vreme ce atât operatorii cât şi publicul au de suferit din caza factorilor externi. În acest caz contrastul provine din cazul piloţilor avioanelor la extrema favorabilă, urmaţi de operatorii uzinelor chimice, apoi ai uzinelor nucleare, apoi de mineri, cel mai slab grup.

Acest fapt sugerează ca în proiectarea sau reproiectarea sistemelor de risc înalt, trebuie să luăm în calcul nu doar tehnologia ci şi rolul unei varietăţi de grupuri, incluzând categoriile de victime, şi adevăratele costuri pe termen lung, economice şi sociale, sau factorii externi. Profitul privat încă figurează greu în analiză, dar variabilele „structurale" sunt de asemenea importante. O asemenea analiză ar lua în considerare victimele identificabile şi gradul de independenţă politică al operatorilor. Aceasta ar fi combinată cu probabilitatea pierderilor, structura industriei asigurării, şi posibilitatea proceselor (ca opuse sistemului de compensaţie al muncitorului, din ce în ce mai neeficient), totalitatea prezenţei federale, şi costurile care sunt externalizate. Decât să aşteptăm aceste lucruri vom porni o analiză mult mai primitivă şi impresionantă cu privire la ceea ce se poate face.

Să punem astfel problema: cât de riscante, doar în termenii potenţialului catastrofic, sunt sistemele de înalt risc pe care le-am luat în considerare şi cât de costisitoare ar fi mijloacele alternative de obţinere a aceloraşi produse? Aceasta este o întrebare esenţială cu privire la beneficiile riscului, dar acum include o varietate de concepte care în mod normal nu sunt luate în considerare.

Potenţialul Catastrofic

Harta noastră reprezentând interacţiuni şi cuplaje ne-a fost de folos, dar acum este inadecvată. Prezintă doar plasarea teoretică a sistemelor în termenii complexităţii lor interactive şi cuplajului şi

susţine că acelea din celula 2 sunt mai sus-puse accidentelor decât celelalte, asumând faptul că vor exista eşecuri inevitabile în componentele DEPOSE. Stabilirea acestui argument a fost principalul obiectiv al acestei cărţi. Se spune că aceste eşecuri sunt inevitabile. Dar, prin el însuşi, acest argument nu are o aplicaţie practică. Nu are nimic de spus despre chestiunea riscului în cadrul societăţii.

Acum trebuie să ne aventurăm în afirmaţii mai puţin categorice şi estimări. Una dintre aceste estimări este asupra potenţialului catastrofic al sistemului sau eşecurilor care pot cauza accidente. Acesta este independent de potenţialul accidentelor de sistem. Odată ce cutiile cu plutoniu sunt retrase din misiunile spaţiale, se pare că nu mai există niciun potenţial catastrofic în acest domeniu, în ciuda probabilităţii accidentelor de sistem. Barajele nu au accidente de sistem, dar pot ucide 3.000 de oameni la o explozie. În plus, pentru a complica lucrurile, accidentele de sistem chiar în sistemele cu un potenţial catastrofic pot fi limitate de eşecurile subsistemelor fără vătămări serioase asupra oamenilor, sau chiar de un eşec total al sistemului (TMI) fără vătămări asupra oamenilor. Sistemul de transport marin prezintă accidente de sistem, dar potenţialul catastrofic există acolo unde sunt implicate încărcături toxice sau explozive.

Estimarea potenţialului catastrofic dintr-un accident foarte mare este dificilă. Am ignorat complet victimele din prima parte, presupunând că victimele din partea a doua (preponderent pasageri) care depăşesc o sută de decese vor fi luate în calcul ca reprezentând o catastrofă, dar următoarea analiză va rămâne neschimbată chiar dacă decesele ar depăşi 200. Pentru victimele din partea a treia şi a patra cele mai catastrofale sisteme au fost estimate ca fiind uzinele nucleare, sistemul de armament, şi accidentele ADN; toate acestea pot fi foarte, foarte serioase.

Într-un anumit fel, uzinele chimice sunt cu mult înapoi (exploziile şi eliberarea toxinelor precum gazul de clor), de asemenea şi accidentele marine în urma cărora rezultă chimicale toxice pe mare sau în port, sau care implică explozii în port. Uzinele chimice şi accidentele marine cuprind victimele din etapa a treia şi a patra, dar în numărul sutelor, mai degrabă decât cel al milioanelor.

În coloana 1 a tabelului 9.1 am ordonat foarte sumar sistemele care ar trebui să ne îngrijoreze în acest capitol final, după potenţialul

lor intrinsec al accidentelor de sistem plus potenţialul lor catastrofic dacă un asemenea accident s-ar fi întâmplat. Acesta este potenţialul catastrofic din potenţialul inerent al accidentelor de sistem. Misiunile spaţiale au o adevărată înclinaţie pentru accidentele de sistem, dar aproape că nu au un potenţial catastrofic, astfel ele se află cel mai jos; la fel sunt şi barajele, care nu au un potenţial de accidente de sistem, şi nu au un potenţial catastrofic al unei astfel de forme de accident. Puterea nucleară şi ADN-ul au scoruri înalte şi la accidentele de sistem şi la potenţialul catastrofic de accident. (Nu sunt plasate în top, deoarece acest lucru implică alte lucruri care trebuie luate în considerare. Numerele din imagine folosesc unei comparaţii mai uşoare, au doar o semnificaţie relativă, nu absolută.

Dar am constatat că potenţialul pentru un accident de sistem poate creşte într-o organizaţie care se află într-o stare proastă de funcţionare. Dacă reglarea şi controlul sunt slabe, un control de slabă calitate, sau un antrenament neeficient, există o mare posibilitatea pentru creşterea numărului de eşecuri în componentele DEPOSE, şi aceasta poate favoriza interacţiunile eşecurilor deoarece există mai multe eşecuri care pot interacţiona. Acest lucru ar trebui considerat după cum este reprezentat în coloana 2 din tabelul 9.1. Această coloană constituie nu doar potenţialul catastrofic inerent potenţialului de accidente de sistem, dar şi potenţialul catastrofic al acestei surse plus ceea ce consider că reprezintă rata curentă a eşecurilor componentelor DEPOSE care este în exces faţă de normalitate. Cât de rău este pusă astfel în funcţiune această facilitate? Mereu vor exista greşeli eşecuri ale DEPOSE, dar dacă nu există o reglare efectivă (precum în cercetarea ADN), ea va fi mai mult decât necesară. Coloana 1 este cea mai bună variantă dacă aceste industrii ar depune eforturile necesare, dar ne aşteptăm mai degrabă la coloana 2 din moment ce nu par capabile să facă aceste eforturi.

Dar accidentele pot surveni doar din eşecurile componente. Cred că unele sisteme sunt mai predispuse spre accidente catastrofale din cauza eşecurilor sistemului decât din cauza eşecurilor componentelor (uzinele nucleare), dar în cazul altora (barajele), situaţia este invers. Coloana 3 prezintă nişte estimări aproximative ale potenţialului pentru accidente catastrofale provenite din eşecurile componentelor, curent experimentate.

Avem în prezent două surse de catastrofă: accidentele de sistem

şi accidentele produse de eşecurile componentelor. Cel mai simplu lucru este să le punem laolaltă. (Există probleme cu acest lucru-şi implicit cu toate coloanelele-dar concluzionam doar în baza unei analize încă fragile în acest caz). Asta se face în coloana 4, potenţialul catastrofic net al fiecărui sistem (sau, în cazul transportului marin, acea parte a sistemului care are potenţial catastrofic). Rezultatul nu este atât de diferit de coloana 1, dar au loc anumite rearanjări şi s-au format anumite desişuri.

Primele 4 coloane ale tabelului 9.1 indică o serie de concluzii. (Potenţialul catastrofic-CP: 1. accidente de sistem inerente cu CP, 2. accidente actuale de sistem cu CP, 3. accidente cauzate de eşecul componentelor cu CP, 4. potenţialul catastrofic net, 5. costurile alternativelor.) Barajele au puţine accidente de sistem, sau deloc, şi nici lipsa managementului nu le produce. Ei au accidente survenite din eşecurile unor componente, oricum, şi potenţial catastrofic (cele mai şi cele mici cu pierderi radioactive). Dacă misiunile spaţiale au accidente, acestea sunt mai degrabă accidente de sistem decât accidente datorate eşecurilor componente. Acestea deoarece este un program care funcţionează bine şi sistemul permite multe redundanţe. Misiunile spaţiale au totuşi un mic potenţial catastrofic. Mineritul are un potenţial scăzut al accidentelor de sistem şi un potenţial catastrofic mic chiar şi al accidentelor survenite din cauza eşecurilor. Astfel, de vreme ce ar putea asigura mai multă siguranţă pentru victimele din prima etapă, potenţialul său catastrofic rămâne redus. Transporturile marine de substanţe toxice şi materiale explozive sunt în sine, dar într-un fel modest, înclinate spre accidente de sistem. Acest potenţial creşte datorită unui control sărac. Trebuie să adăugăm la acestea potenţialul moderat al accidentelor datorate eşecurilor componente, şi rezultatul este o puternică proiecţie asupra riscului.

Industria petrochimică este moderată în toate privinţele, ca şi în cazul transporturilor marine există posibilitatea de a îmbunătăţi sistemul şi de a reduce riscul. Liniile aeriene (extins control al traficului aerian) au hotărât să reducă complexitatea şi cuplajul şi datorită unor acoperiri extinse şi posibilităţi pentru decuplare, accidentele datorate eşecurilor, cu consecinţe catastrofale, sunt mai puţin frecvente decât accidentele de sistem. Sistemul de linii aeriene, este atunci în ordine. Zborul, are oricum un potenţial substanţial de accidente de sistem, chiar dacă aceasta nu este sporit de un

management insuficient. Accidentele datorate eşecurilor nu sunt comune datorită redundanţei extinse şi siguranţa şi conştiinciozitatea constructorilor de avioane şi îndemânarea piloţilor. Se află la mijloc cu privire la potenţialul catastrofic net, şi probabil va avea mereu un asemenea potenţial deoarece noile inovaţii tehnologice se pare că doar măresc viteza şi antrenează zborul pe vreme rea şi nori denşi.

ADN, puterea nucleară şi armamentul nuclear, rămân la un nivel de risc înalt. Potenţialul net al ADN-ului, oricum, este în mod substanţial datorat lipsei regulamentelor, şi lipsa supraveghetorilor producţiei pe care îi presupunem ca existând. Ingineria genetică ar putea fi mult mai sigur construită. Observaţi că nu este de aşteptat să existe accidente datorate eşecurilor, ca şi în industria nucleară. Motivele au fost diferite. Cu un ADN recombinant, eşecul oricărui pas de-a lungul acestui drum va cauza probleme şi va duce la un anumit final; este rezultatul neaşteptat al unei serii de paşi încununaţi de succes care este presupus a fi periculos. Odată cu puterea nucleară, deşi conţine multe eşecuri ale componentelor, deja există dispozitive extinse de acoperire şi apărare în profunzime. În vreme ce domeniul de cercetare a ADN-ului ar putea fi îmbunătăţit în ceea ce priveşte siguranţa, nu se poate spune acelaşi lucru despre puterea nucleară. Cred că acest lucru este şi mai adevărat în cazul în cazul accidentelor datorate armelor nucleare. Din nefericire, accidentele datorate unor eşecuri ale componentelor în cazul armelor nucleare ar putea fi catastrofale. Spre deosebire de sistemul militar de avertizare (care nu este inclus în această analiză), care are un anumit cuplaj care îl protejează de eşecurile componentelor, un proiectil de titan poate exploda şi chiar elibera plutoniu în vreme ce muncitorul a pierdut controlul. Deşi acest lucru nu este verificat, am auzit despre un proiectil care a fost trimis în Canada printr-o greşeală în operaţiunea de menţinere. După cum a fost descris, nu a fost deloc un accident complicat, dar asemănător cu ceea ce se aşteaptă în industrie în general. Astfel, acest sistem se pare că are ultimul potenţial catastrofic cu o probabilitatea ridicată a ambelor tipuri de accidente şi cu eliberarea unor substanţe letale.

Avem oare nevoie de aceste sisteme? Ştiind riscurile, care sunt beneficiile? Care sunt costurile mijloacelor alternative pentru a obţine producţia acestor sisteme? Au fost mai multe estimări subiective pe această temă, prezentate în coloana 5. Consider că nu pot fi reduse

călătoriile aeriene şi mijloacele de transport terestre de mari viteze nu sunt pe distanţe de peste 300 de mile. Vor fi necesare investiţii enorme în transportul rutier pentru a le face mai sigure şi pentru ca acestea să poată concura cu traficul aerian chiar şi pe distanţe scurte. Totuşi în transportul marin nu există o nevoie iminentă de a transporta substanţe mortale sau explozive precum LNG pe distanţe lungi prin furtuni pe timp de iarnă în vase slab proiectate folosite pentru profitul privat. Economia mondială şi cea a ţărilor individuale nu va suferi dacă aceste otrăvuri şi substanţe explozive nu ar fi transportate, sau vor fi transportate în cantităţi foarte mici, în recipiente sigure cu ajutorul unor vapoare special proiectate pentru acest lucru, care să ofere siguranţa transportului. Costul transportului poate fi dublu, dar este o chestiune insignifiantă comparativ cu costurile alocate ecosistemului. Aceste reduceri ale riscului nu sunt posibile pentru industria chimică şi minieră. Economia şi stilul nostru de viaţă sunt construite în jurul acestor industrii, chiar dacă sunt posibile anumite substituiri, nu toate sunt de dorit.

Am putea trece de la inundaţii la activităţile agricole, evitând nevoia pentru baraje. Acestea pot fi făcute în multe cazuri, dar nu în toate şi trebuie să considerăm „costurile de scufundare" deja la locul lor. Ar fi imposibil să mutăm Los Angeles. Şi barajele generează electricitate la fel de bine precum protejează platourile de inundaţie – un alt motiv pentru care nu suntem predispuşi să renunţăm la baraje.

Chestiunea armamentului nuclear nu poate fi discutată corespunzător într-un paragraf sau un capitol. I-am urmat doar pe aceia care pretind un armament extensiv, unilateral, al armelor nucleare balistice şi al proiectilelor nucleare. Nu văd ameninţarea sovietică precum o vedea toate administraţiile de după al doilea război mondial, şi astfel cred că beneficiile abandonării armamentului nuclear ar fi enorme în termenii reducerii tensiunii internaţionale, ai îmbunătăţirii economiei şi al stopării unui sfert sau chiar a unei jumătăţi din irosirea talentului nostru ştiinţific în cazul economiei.

Problema abandonării puterii nucleare îmi pare foarte puternică. Există două capcane. În primul rând, guvernul a permis construirea uzinelor chimice pentru a lua în calcul ca surse de profit pe timpul anilor de construcţie profiturile aşteptate care vor veni după deschiderea uzinelor. Aceasta se numeşte Permisiunea pentru Fonduri Folosite pe Timpul Construcţiei şi sunt evidenţiate în partea de profit

pentru raportul financiar anual. Acestea figurează ca jumătate sau mai mult din profitul anual, şi sunt distribuite ca dividende pentru acţionari sau bonusuri manageriale. Închiderea tuturor construcţiilor şi abandonarea acestor proiecte va duce la pierderi la ordinul milioanelor şi eşecul multor servicii publice. Efectul asupra acestor este suficient pentru a investi în rezerva de piaţă şi efectul asupra altor fonduri va fi mare. Efectul asupra rezervei de piaţă ca un întreg şi asupra economiei noastre şi a economiei mondiale libere ar fi foarte mare. Dacă s-ar fi întâmplat într-o vreme şubredă de împrumuturi defectuoase ţărilor sărace sau în cazul unei rate ridicate a şomajului, interacţiunea eşecurilor ar putea produce accidente de sistem sau subsistem în această economie sau în altele. Totuşi, ar fi mai bine să se întâmple acestea decât un accident nuclear care să contamineze o suprafaţă extinsă a planetei.

A doua problemă este aceea a capacităţii şi distribuţiei. Energia nucleară produce doar 11 – 12% din energia noastră electrică. Dacă ar dispărea, alte industrii care utilizează masiv energia ar putea să treacă în domeniul energiei nonelectrice. Precum paturi fluidizate utilizând cărbune), dar multe nu ar putea. Problema este transmiterea pe distanţe lungi. Chicago, Carolinas şi părţile nordice ar avea nevoie de energie din vest, sud-vest şi din provinciile din Canada de nord-est. Capacitatea hidroelectrică recentă din Canada şi exploatarea unor extinse câmpuri de gaz din larg, ar putea reduce substanţial lipsurile din anumite state din nord-est, dar nu le-ar putea elimina. Transmisia eficientă spre Chicago din Pacificul de nord-est este foarte greu de realizat, deşi tehnic vorbind nu este imposibilă. Deşi dispunem de un exces de capacitate a generării energiei electrice (un motiv pentru anularea construcţiilor de uzine nucleare), excesul nu este întotdeauna la locul şi timpul potrivit pentru ca utilizarea lui să fie posibilă. Sunt sigur că există unii care susţin că trecută conversaţie asupra puterii electrice poate fi pusă în practică fără prea mari eforturi sau costuri şi alţii care neagă acest lucru. O să las această problemă ca un subiect deschis alături de cel al închiderii uzinelor nucleare, reprezentând o problemă majoră. În cazul în care acest lucru ar deveni subit atractiv (dacă alte uzine nucleare au toate sistemele de siguranţă dereglate, precum uzina Salem în 1983 şi totuşi sunt în funcţiune şi dispun de LOCA) cred că ne putem descurca cu problemele referitoare la capacitate şi transmisie. Ar trebui să plănuim de acum aceste lucruri.

Mă aştept la un accident mult mai mare peste zece ani decât cel de la TMI-unul care va ucide şi va polua.

Chiar având în vedere aceste două probleme, dintre care niciuna nu ar avea efecte la fel de dezastruoase ca o eliberare masivă a materialelor radioactive, problema închiderii tuturor uzinelor nucleare în S.U.A. pare a fi clarificată. Vor fi mult mai multe accidente de sistem. Conform analizei mele trebuie să existe. Unul sau mai multe va implica eliberarea de substanţe radioactive în mediul înconjurător în cantităţi suficient de mari pentru a ucide o mulţime de oameni, a-i iradia pe alţii şi a otrăvi arii extinse de teren. Nu există nicio structură organizaţională care să le poată preveni. Niciunul dintre reactoarele noastre nu au un design capabil de a preveni aceste accidente. Poate va fi descoperit unul mai sigur-aproximativ cuplat şi linear-dar mă îndoiesc serios de acest lucru. Energia nucleară, aşa cum se interpune între noi şi foamete ar putea fi privită din altă perspectivă, dar nu este.

Plasez ADN-ul la mijloc, deoarece, pe de o parte, ne-am descurcat foarte bine fără astfel de cercetări, dar pe de altă parte, beneficiile se anunţă a fi enorme. Cred că va avea un beneficiu considerabil, dar pe seama îndoielii de a accepta potenţialul de beneficiu presupus ca extinstent. Beneficiile anunţate depăşesc beneficiile din domeniul transportului aerian, al puterii nucleare şi armamentului aerian. Oamenii ezită să fie optimişti în ceea ce priveşte puterea nucleară, dar oportunităţile par a fi incredibile pentru producţia alimentară, economisirea energiei, controlul maladiilor, reparaţia defectelor genetice. Abandonarea rapidă a mijloacelor minime de siguranţă nu s-a întâmplat probabil din cauza acestor potenţiale pentru existenţa umană, ci din cauza predicţiei unui profit imens şi entuziasmul cercetării şi al acumulării de cunoştinţe. Predicţia pentru bunăstarea umană fiind singura forţă conducătoare, putem înainta încet ţi sigur. Pe o scală umană, câteva generaţii sunt nesemnificative. Dar impulsurile economice şi ştiinţifice sunt mult mai incontrolabile. Dar prea multe recompense pentru oameni de ştiinţă şi elitele ştiinţifice sunt în joc. Nu vom înainta deci lent. Combinarea ADN-ului cu războiul bilogic va duce la imense pericole. Predicţia că cel de-al treilea război nuclear va implica armele biologice este veridică. Se ştie că URSS şi S.U.A. produc acum astfel de arme. Nu sunt bine informat asupra chestiunii, dar de vreme ce Gentech sau Cetus (două firme conducătoare în domeniul ADN) fac cercetări în baza unei

clasificări militare, îmi este teamă că am pus cea de-a doua problemă importantă a existenţei umane în mâinile cărora am încredinţat-o şi pe prima-domeniul militar. Această îngrijorarea trebuie să ocupe un loc de frunte. Analizând coloana 4, potenţialul catastrofic net, şi combinând-o cu colana 5, un cost estimativ al alternativelor pentru aceste sisteme, obţinem dispunerea din figura 9.3. Acesta este recomandarea politică generată de eforturile noastre din această carte. Indică care sisteme sunt neesenţiale sau implică un risc înalt, şi astfel poate fi abandonate, şi cele fără de care ne-am putea descurca foarte greu, dar care au un potenţial catastrofic mai redus. Desigur, este dreptul fiecăruia de a discuta plasarea sistemelor din figura 9.3. AND-ul este o oportunitate încât poate fi plasat în colţul stâng de jos: foarte riscant, dar foarte tentant. Unii susţinători ai puterii nucleare afirmă ca barajele sunt mai periculoase decât uzinele nucleare, şi această hartă nu este de acord cu asta, în mod evident. Totuşi harta din figura 9.3 este explicită, şi un punct de plecare pentru dezbaterile publicului expert. Nu este surprinzător faptul că se doreşte un final pentru puterea nucleară şi armamentul nuclear. Mulţi îl doresc. De fapt industria nucleară este atât de ameninţată de propriile greşeli încât campania de relaţii cu publicul s-a intensificat. New York Times a publicat pe 23 mai 1983 că Departamentul Federal de Energie a cheltuit în jur de 2, 5 milioane de dolari pe an pentru „informaţia nucleară" şi va creşte susţinerea unor grupuri precum „Oameni de Ştiinţă şi Ingineri ai Securităţii Energetice" şi pentru interesele pentru „veridicitate" nu vor permite criticilor energiei nucleare să împartă podiumul cu ei. Au primit 100.000 de dolari în 1983. Virgina Electric Power, cu care ne-am întâlnit în capitolul 2 a contribuit cu 600.000 de dolari pentru un comitet care să furnizeze informaţie pronucleară şi îi cere comitetului de organizare a regulamentelor să-i permită să încaseze costurile pentru ei. Multor altor sisteme li se permite să treacă peste aceste cheltuieli. Furnizorii, precum G.E. şi compania Bechtel sunt foarte generoşi, contribuţiile ajung la 25 sau 30 de milioane de dolari. Aceasta sugerează că argumentele noastre din această carte sunt credibile. Chiar dacă puterea nucleară nu este foarte sigură, această campanie nu ne este necesară.

Mişcarea de stopare a puterii nucleare este evidenţiată pe tot parcursul acestei cărţi. Oricum, în domeniul ingineriei genetice, laboratoarele biologice din campusuri sau cele din industria privată,

nu au un profil foarte bine conturat. Putem spera ca acest fapt se datorează precauţiilor extraordinare pe care şi le iau, deşi am mari îndoieli. Nu ştiu nimic despre iniţiativele lor de a protesta împotriva transporturilor de materiale toxice şi explozive pe mare, şi aceeaşi problema creşte în intensitate şi pe uscat. Se pot face multe pentru a îmbunătăţi siguranţa acestor sisteme, dar recordurile noastre în domeniu nu sunt deloc încurajatoare. Sper că această carte a amintit unele dintre aceste recorduri. Până la urmă a fost o călătorie zadarnică prin lumea sistemelor de risc înalt. Chiar şi în cele mai bune industrii atribuim negarea erorilor de către marii designeri şi managerii centralizaţi tot erorilor operatorilor. Am întâlnit organizaţii care nu pot căra povara propriilor erori de operare şi adesea par insensibile la dezastrele pe care le pot produce. Trebuie să le mulţumim agenţiilor regulamentare, dar de multe ori s-au dovedit ineficiente.

Dar, deşi sunt importante, aceste probleme nu ocupă rolul principal în această carte, acesta este acela de a vedea aceste construcţii umane ca pe nişte sisteme nu ca pe nişte colecţii ale unor ideologii individuale. De la accidentul nostru iniţial cu ibricul de cafea şi interviurile de muncă în domeniul spaţial, al armamentului şi al microbiologiei, subiectul este felul în care părţile interacţionează şi se potrivesc. Accidentele periculoase îşi au sediul în sistem, nu în componente. Natura proceselor de transformare elucidează capacităţile oricărui sistem uman pe care îl putem tolera, în acest caz cel al puterii şi armamentului nuclear. Sistemul transporturilor aeriene funcţionează bine diverse interese şi schimbări tehnologice se sprijină unele pe altele. Sistemul de ADN şi structura lui de recompense neregulate ne pot îngrijora foarte mult, mai puţin decât uzinele chimice. Deşi procesele sunt mai puţin dificile şi periculoase în transporturile marine şi minerit sistemul fiecăruia este o nefericită confluenţă a diverselor interese.

Sistemele sunt construcţii umane, chiar dacă sunt proiectate de ingineri şi preşedinţi au unor corporaţii, chiar dacă sunt rezultatul încercării umane lente, neplanificate, nedorite, de a le face faţă. Oricum ar fi, ele sunt foarte rezistente la schimbări, datorită privilegiilor private şi profitului. Ele sunt construcţii umane, şi astfel oamenii le pot construi sau dărâma.

Catastrofele au fost un semnal de avertizare. Această carte a încercat să decodifice aceste semnale: a le abandona este dincolo de

capacităţile tale, un re-design al acestora este necesar fără a ţine seama de costurile pe termen scurt, se impune reglementarea lor indiferent de imperfecţiunea regulamentelor. Dar precum operatorii de la TMI care nu s-au putut gândi la ce e mai rău – şi astfel nu au putut vedea dezastrele care sunt în faţa lor-am omis aceste semnale prea des, reinterpretându-le astfel încât să se potrivească credinţelor şi ideilor noastre preconcepute. Un antrenament mai bun fără să fie susţinut sau mai multe promisiuni care nu se vor îndeplini nu vor soluţiona problema. Încă şi mai rău este să acceptăm ideile preconcepute asupra faptului că superioritatea militară şi profitul privat merită riscul. Această carte afirmă că problemele nu sunt reprezentate de motivele individuale, erorile individuale sau chiar de ideologia politică. Semnalele provin din sistemele tehnologice şi economice. Sunt sisteme construite de elite, şi astfel pot fi schimbate sau abandonate.

Listă de acronime

AFCS Sistem automat de control al zborului

ALARA Cât mai scăzute posibil

ASD Dispozitiv automat de siguranţă

ASRS Sistemul de raportare pentru Siguranţa Aeriană

ATC Controlul traficului aerian

BMEWS Rachete balistice, sistem de alertă

BWR Reactor pe baza de fierbere a apei

CAS Sistem de evitare a coliziunii

CDTI Cabină de afişare a informaţiilor de trafic

CPA Cel mai apropiat punct de abordare

CRT Tub emiţător de raze pe baza de catod

DEPOSE Proiectare, echipamente, proceduri, operatori, bunuri şi materiale, de mediu

ECCS Sistemul de urgenţă de bază pentru răcire

ESD Dispozitiv de urgenta pentru siguranţă

EST Dispozitiv industrial de siguranţă

ETA Ora de sosire

FAA Administraţia Aviatica Federala

HPI Injecţie de presiune mare

ICBM Rachete Balistice Intercontinentale

IMCO Organizaţia Maritimă Consultativă Interguvernamentală

INS Sistem de navigaţie inerţial

LER Raportul evenimentului licenţiat
LNG Azot gazos lichefiat
LOCA Pierdere de lichid de răcire în caz de accident
LPG Gaz lichifiat de propan
MRTI Radarul maritime de interogaţie
NAS Academia Naţionala ştiinţifică
NIH Institutul Naţional al sănătăţii
NTSB Transportul National de siguranţă a bărcilor
OSHA Siguranţa profesionala şi administraţia sănătăţii
PARCS Caracterizarea Atacului radar. perimetral
PORV Valva de deschidere
PRA Riscurile analizei probalistice
PWR Apa sub presiune
TCA Întinderea controlului terminal
TMI Trei mile Island
VEPCO Compania Electrica Virgnia
VICC Cariera aspra foarte lunga
VÂS Serviciul Traficului Vasal

Note

Introducere

1. John Kemeny et al., The Nedd for Change: The Legacy of TM1, Report of President's Commission on the Accident at Three Mile Island (Washington, D.C.: Government Priting Office, 1979), 2, 11, 113 – 16; and Charles Perrow, „The president" s Commission and the Normal Accident. „The Accident at Three Mile Island: The Human Dimensions, ed. David Sills, Charles Wolf, and Vivian Shelański, Colorado: Westriew Press, 1981)

2. Essex Corporation, Human Factors Evaluation of Control Room Design and Operator Performance at Three Mile Island – 2 (NUREG/CR-1270, VOL.1, 1980).

3. Robert Jervis, Perception and Misperception in International Politics (Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1976): and Karl Wieck, „Educaţional Organizations as Loosely Coupled Sistems". Administrative Science Quarterly 21: 1 (March, 1976): l-19.

Capitolul 1

1. David Bird and Frank Prial, New York Times, 1, 2, 9, and 15 November 1982, 7December 1982, and 25 January 1983.

2. Matthew L. Wald, New York Times, 21 September 1981

3. John Kemeny et al., The Need of Change: The Legascy of TM1, pp. 2, 11, 113 – 16. Report of the President's Commission on the Accident at Three Mile Island (Washington, D.C.: Governement Priting Ofiice, 1979).

4. Babcock and Wilcox, Presslonference; and Science, 19 October 1979.

5. Babcock and Wilcox, Presslonference, pp. 82 – 83, 90.

6. President's Commission on Three Mile Island, Hearings, 30 May 1979, 57.

7. EarÎI A. Gulbransen, „Not Safe Enough, „Bullentin Of the Atomic Scientist (June 1975): 5.

8. Nunzio J. Palladino, „Defends Zirconium, „Bulletin of the Atomic Scientist (March 1976); 5.

9. President's Commission on Three Mile Island, Hearings, 30 May 1979, 57.

10. Washington Post, 29 February 1980.

11. Richard D. Lyons, „Crews at Reactor Criticize Cleanup, „New York Times, 28 March 1983.

Capitolul 2

1. Irvin C. Bupp and Jean – Claude Derian, Light Water: How the Nuclear Dream Dizolved (New York: Basic Books, 1978), 49.

2. Ibid., 74.

3. Ibid., 75.

4. Ibid., 155.

5. Ibid.

6. Matthew L. Wald, New York Times, 21 September 1981.

7. Ibid.

8. John B. Emshwiller, Wall Stree Journal, 24 Octomber 1979.

9. Ibid.

10. Ibid.

11. NBC, Nightly News, 24 July 1972.

12. David Perlman, San Fracisco Chronicle, 6 November 1982.

13. Ibid.

14. Nunzio J. Palladino, quoted în Walker Turner, New York Times, 2 December 1981.

15. Victor Gilinsky, „Full Ahead for Cuclear Power?" Techonology Review (February March 1982): 10.

16. Richard E. Webb, The Accident Hazards Of Nuclear Power

Plants (Amherst, Mass: University Of Massachusetts Press, 1976): 194 – 95.

17. Olson McKinley, Unacceptable Risks: The Nuclear Power Controversy (New York Bantam Books, 1 976); 22.

18. Union of Concerd Scientists, The Risks: The nuclear Power Reactors, 44 – 51.

19. Washington Post, 29 February 1980.

20. New York Times, 26 september 1981.

21. New York Times, 28, 29, 30 octomber: 12 December 1981.

22. W.R. Castro „Safety-Related Occurrences Reported în Octomber – November 1970, „Nuclear Safety 12: 2 (March-April, 1971): 145.

23. W.R. Castro, „Operanting Experieces, „Nuclear Safety, 12: 3 (May-June 1971): 249.

24. Castro, „Safety-Related Occurrences, „145.

25. Castro „Operanting Experinces" (May-June 1972): 236

26. Castro „Operanting Experinces" (May-June 1975): 233.

27. Webb, The Accident Hazards, 197 – 98.

28. Anna György and friends, No Nukes: Everyone's Guide To NUCLEAR Power (Montreal: Black Rose Books, 1979) 111 – 112.

29. John G. Fuller, „We Almost Lost Detroit, „in The Silent Bomb, ed. Peter Faulkner (New York: Random House, 1977), 46 – 59.

30. Ibid. 46.

31. Ibid. 49.

32. R.L. SCOTT, Jr., „Fuel Melting Incident at the Fermi Reactor on Octomber 5, 1966, „Nuclear Safety, 12: 2 (March – April 1971): 123 – 34.

33. Ibid.

34. Ibid. 133.

35. D.C. Hunt, „Restricted Release of Plutonium-Part 1. Observaţional Data, „Nuclear Safety, 12: 2 (March-April 1971): 123 – 34.

36. Ibid. 88.

37. Robert L. Seale, „Consequences of Criticality în Accidents" în Nuclear Criticality Safety, ed. R. Douglas O'Dell (U. S. Atomic Energy Commission, Tehnical Information Center, 1974), 16 – 24.

38. U.S. Atomic Energy Commission, Wash – 1192: Operaţional Accidents, 1943 – 1970 (Washington, D.C., 1972).

39. György, No Nuckes, 60.

40. P.A. Morris and R.H. Engelken, „Safety Experinces in the Operation of Nuclear Power Plants, „În International Atomic Energy Agency Principles And Standards, Proceedings of a IAEA, 1973 symposium, Vienna, 429 – 46.

41. Ibid., 438.

42. Ibid., 440, 444.

43. U.S. Nuclear Regulatory Commission, NRC Licensee Assessments NUREG 0834 (Washington, D.C., USNRC, August 1981).

44. New Indicator „You Have One Hour to Evacaute" University Of California, San Diego, 7: 6 2 December-4January, 1982, 1 – 2.

Capitolul 3

1. Julie Graham and Don Shahow, „Risks and Rewards Hazard Pay for Workens" Environment, 23: 8 (October 1981) 14 – 45: and Christopher Cyr, Julie Graham, and Don Shahow, „Risk Compensation – in Theory and Practice, „Environment, 25: 1 (January – Febryary 1983), 14 – 40.

2. Paul Bagne, „The Glow Boys" Mother Jones (November 1982): 24 – 27.

3. U.S. Nuclear Regulatory Commission, „Safety Goals For Nuclear Power Plants: A Discussion Paper" NUREG 0880 (Washington, D.C.: USNRC, February 1982), 15.

4. E.W. Hagen, „Common-Mode/Common Cause Failure: A. Review". Nuclear Safety, 21: 2 (March-April 1980) 184 – 92.

5. See a similar conclusion concerning the Ranger moon mission în Weaver, „Pitfils în Current Design Requirements" Nuclear Safety, 23: 3 (May-June 1981) 328 – 29.

6. National Transportation Safety Board (NTSB) – Marine Accident Reports, MAR-75 – 5, 6 July 1978

7. Larry Hirschorn, „The soul of a New Worker" Working Papers (January – February 1982), 45.

8. Eliot Marshall, „NRC Takes a Second Look at Reactor Design, „Science, 207 (28 March, 1980): 1445 – 489.

9. For a discussion of the problems of human factors engineering, see Charles Perrow, The Organizaţional Context og Human Factors, Tehnical Report, (DTIC number ADA 123435), U.S. Navy, Ofiice of Human Of Naval Reasearch, Washington, D.C., November 1982; and „The Organizaţional Context of Human of Naval

Reaserch Engineering" Administrative Science Quaeterly (December 1983).

10. Wilson and Zarakas, „Anatomy of a Blackout, „Spectrum (15 February 1978): 39 – 45; and „Investigators Agree New York Backout of 1977 Colud Have Been Avoided, „Science, (15 September 1978): 994 – 96.

11. Jmaes Fallows, National Defense (New York: Random House, 1981).

12. James Thompson, Organizations in Action (New York: McGraw-Hill, 1976).

13. Karl Weick, „Educaţional Organizations as Loosely Coupled Sistems, „Administrative Science Qurterly, 21: 1 (March 1976), 1 – 19. For an even more stunning analyses see John Meyer and Brian Rowan, „The Structure of Educaţional Organizations" În Marshall Meyer and Associates, Environment and Organizations (San Francisco: Jossey-Bass, 1978) 78 – 109.

14. Melville Dalton, Men Who Mange (New York: John Wiley, 1959)

Capitolul 4

1. J.D. Atwood, „How Hot is Too Hot?" Ammonia Plant Safety 18 (1976): 109 – 11; J.A. Davenport, „A Survey of Vapor Cloud Incidents, „Chemical Engineering Progress, 73: 9 (September 1977): 54 – 63; T.A. KLETZ, „A Decade of Safety Lessons, „Hydraocarbon Processing, 58: 6 (June, 1979); T.A. Kletz, „The Flixbourough Cyclohexane Disaster, „Loss Prevention 9 (1975): 106 – 110; and Clarles Vervalin, „Fire Losses Report de By NFPA" Hydrocarbon Processing, 56: 2 (February 1977): 166 – 67

2. Nicholas A. Ashford, Crisis in the Workplace: Occupational Disease and înjury (Cambridge, Mass.: MIT press, 1976) 59 – 60; and David P. McCaffrey, OSHA and the Policts Of Health Regulation (New York: Plenum Press, 1982), 22.

3. Thomas Whiteside, The Pendulum And the Toxic Cloud (New Haven: Yale University Press, 1979).

4. Lee CLARKE, „Risck And Interoganizaţional Regulations, „unpublished Manuscript, SUNY, Stony Brokk, Sociology Departament, 1983.

5. Michael H. Brown, Laying Waste (New York: Pantheon, 1979).

6. Joyce Egginton, The Posoning of Michigan (New York: W.W.

Norton, 1980).

7. American Petroleum Institute, Review of Fatal injuries in the Petroleum Indrustry for 1980 (Washington D. C.: API, September 1981); and Sumarry of Ocuupational injuries and Illnesses in the Petroleum Indrusty (Washington, D.C.: API, December 1981).

8. Vervalin, „Fire Losses Reported By NFPA, „166 – 67.

9. American Petroleum Institute, Review of Fatal injuries in the Petroleum Indrustry for 1980 (with errata, January 18 1982) (Washington, D.C.: API, December 1981).

10. G.P. Williams. „Causes of ammonia Plant Shutdowns, „Ammonia Plant Safety, 20 (1978): 123 – 30.

11. Catastrophe! When Man Loses Control. Prepared by editors of Encyclopedia Britannica, New York: Bantam, 1979.

12. H.C. Jarvis, „Butadience Explozion at Texas City-l, „Loss Prevention, 5 (1971): 58.

13. Ibid.

14. R.G. Keister, B.I. Presetsky, and S.W. CLARK, Butadience Explozion at Texas City – 3, „Loss Prevantion, 5 (1971): 67 – 75.

15. Ibid.

16. Departament of Employ, The Flixborough Disastre, Reporter of the Court of Inquiry, London: Her Majesty's Stationery Ofiice, 1975, 3.

17. Ibid., 81.

18. Ibid., 10.

19. C. Sadee, D.E. Samuels, and T.P. O'Brien, „The Characteristics of the explosion of Cyclohexane at the Nypro (U.K.) Flixborough Plant on îşi June 1974, „Journal of Occupational Accidents, 1 (1976 – 77): 203 – 35.

20. Kletz, „The Flixborough Cyclohexane Disaster, „Loss Prevention, 9 (1975): 109.

21. Ibid.

22. Davenport, „A Survey Of Vapor Cloud Incidents, „54.

23. Bruce H. Winegar, „Parţial Collapse of an Atmospheric Ammonia Storage Tank, „Ammonia Plant Safety, 22 (1980): 226 – 30.

24. F.G. Kokemor, „Synthesis Start-Up Heatre Failure, „Ammonia Plant Safety, 22 (1980): 160.

25. Ibid., 159.

26. Ibid., 160.

27. Ibid., 161.

28. Ibid., 162.

29. M. Voros and Gy Honţi, „Explozion of a Lichid CO_2 Storage Vessel în a Carbon Dioxide Plant", *Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries*, ed. C.H. Buschmann (New York: Elsevier Scientific Publishing Co., 1974), 337 – 46

30. Atwood, „How Hot Is Too Hot?" 109.

31. Ibid.

32. Ibid., 110 – 11.

33. Ibid., 111.

34. Charles Perrow, The Organizaţional Context of Human Factors, Tehnical Report, (DTIC number ADA 123435), U.S. Navy, Office of Naval Research, Washington, D.C., November 1982.

Capitolul 5

1. These and other examples come from reports to the Aviation Safety Reporting Sistem. See NASA, Aviation Safety Reporting Sistem, Nasa Ames/LM.

2. In the historical section I am drawing upon Jérôme Lederer, Aviation Safety Perspectives: Hindsight, Insight, *Foresight* (New York: The Wings Club, 1982).

3. Ibid., 14.

4. Ibid., 25.

5. Paul Slovic, Baruch Fischhoff, and Sara Lichtenstein, „Accident Probabilities and Seat Belt Usage, „Accident Analysis and Prevention, 10 (1978): 281 – 85.

6. Tom Wolfe, The Right Stuff (New York: Bantan Books, 1979), 17.

7. Elwyn Edwards, „Automation in Civil Transport Aircraft, „Applied Ergonomics, 8: 4 (December 1977), 194 – 98.

8. Thomas Mahon, Report of the Royal Commission to Inquire into the Crash on Mount Erebus, Antarctica of a DC-10 Aircraft Operated by New Zealand Limited (Wellington, New Zealand: P.D. Hasselberg, 1981).

9. Earl L. Wiener, „Controlled Flight into Terrain Accidents: Sistem-Induced Errors, „Human Factors, 22: 5 (1980): 176.

10. NASA, Aviation Safety Reporting Sistem Staff, „Human Factors Associated with Altitude Alert Sistem, „în Sixth Quarterly Report, NASA TM-78511, Washington, D.C., July 1978, 25 – 37.

11. This study, perhaps understandably, has not been published; it is referred to în a NASA Tehnical Memorandum. See Smith, A Simulator Study of the Interaction of Pilot Workload with Errors, Vigilance, and Decision NASA TM 78482, Ames Research Center, Moffett Field, California, 1979. Smith's study oferrors and workland is consistent with the findings of the european study.

12. Santilli, Critical Interface Between Environment and Organisms în Class A Mishaps: A Retrospective Analysis, Report SAM-TR-80 – 3, USAF School of Aerospace Medicine, Brooks Air Force Base, Texas, June 1980, 7.

13. Mahon, Report of the Royal Commission.

14. William B. Mackley, „Aftermath of Mount Erebus". Flight Safety Digest (September 1982): 1 – 5.

15. National Transportation Safety Board Safety Recommendation, A-81 – 9, 26 August 1981.

16. As of this writing, the NTSB has not issued its analysis; I have drawn upon a newspaper story by Jim Wood in the San Francisco Examiner, 19 December 1981.

17. Aviation Week and Space Technology, 9, 17 March 1982.

18. Douglas B. Feaver, Washiton Post, 7 March 1982.

19. NTSB, AAR-81 – 10, 7 July 1981, 12.

20. NTSB, AAR-82 – 3, 6 April 1982, 14 – 17.

21. Richard Witkin, New York Times, 28 November 1981.

22. Godson, The rise and Fall of the DC-10 (New York: David McKay, 1975), 41, 46, 62 – 63, 91 – 92, 123, 235 – 37.

23. NTSB, AAR-81 – 15, 15 September 1981.

24. Ibid., 69.

25. NTSB, AAR-81 – 13, 19 August 1981, 21; se also NTSB Safety Recommendation A-81 – 92, 26 August 1981.

26. NTSB, AAR-81 – 15, 15 September 1981.

27. Ibid.

28. NTSB, AAR-81 – 13, 19 August 1981, 7.

29. Ibid., 1 – 34.

30. Ibid.

31. NTSB, AAR-81 – 18, 17 December 1981.

32. Billings et al., A Study of Ne-ar Midair Collisions în U.S. Terminal Airspace, NASA-TM-81225, August 1980, 21 – 22.

33. NTSB, SIR-81 – 6, 24 September 1981.

34. NASA, Third Quarterly Report, TM X-3546, Washington, D.C., May 1977, 63 – 65.

35. See Ralph L. Grayson and Charles E. Billings, „Information Transfer Between Air Traffic Control and Aircraft: Communication Problems în Flight Operations, „în Information Transfer Problems in the Aviation Sistem, NASA, Tehnical Paper 1875, Moffett Field, California, September 1981, 52.

36. NASA, Third Quarterly Report, p. 67.

37. Ibid.

38. See Earl L. Wiener and Renwick E. Curry, „Flight-Deck Automation: Promises and Problems, „Ergonomics, 23: 10 (1980): 997; see also M. Feazel, „Fuel Pivotal în Trunks Earnings Slump, „Aviation Week And Space Technology, 113 (18 February 1980): 31 – 32.

39. Throughout this section on air traffic control I will by relying heavily on the unpublished work of Todd LaPorte, who has studied the sistem intensively and compared its nearly error-free operation with that of other high-risk sistems, în Todd R. LaPorte, „În Search of Nearly Error-Free Management: Lessons from U.S. Air Traffic Control for the Future of Nuclear Energy". (Unpublished manuscript, Institute of Governmental Studies, University of California, Berkeley, 1980).

40. John G. Kreifeldt, „Cockpit Displayed Traffic Information and Distributed Management în Air Traffic Control, „Human Factors, 22: 6 (1980).

41. NTSB, SIR-81 – 6, 9 September 1981.

42. Ibid.

43. Ibid., 30, 32.

44. Jeffrey R. Smith, „FAA Is Cool to Cabin Safety Improvements, „Science (6 February 1981): 557.

45. Ibid.

46. Ibid., 558.

47. NASA, Third Quarterly Report, TM X-3546, Washington, D.C., May 1977.

48. William P. Monan, „Distracţions-A Human Factor în Air Carrier Hazard Events, „Ninth Quarterly Report, NASA TM 78608, Washington, D.C., June 1979, 22.

49. D.W. Hall and A.W. Hecht, „Summary of the Characteristics of the ASRS Database, „Ninth Quarterly Report, NASA TM 78608,

Washington, D.C., June 1979, 2434.

Capitolul 6

1. I.C. Clingăn, „Safety at Sea, „Interdisciplinary Science Reviews 6: 1 (1981): 42.

2. See Patrick Lagadec, Major Technological Risk, (New York: Pergamon Press, 1982).

3. Willard W. Perry and William P. Articola, Study to Modify the Vulnerability Model of the Risk Management Sistem, Tehnical Report C6-D-22 – 80, U.S. Departament of Transportation, Washington, D.C., February 1980.

4. „Catastrophe, „Encyclopedia Britannica.

5. S. Peltzman, „The effects of Automobile Safety Regulation, „Journal of Political Economy, 83 (1975).

6. L.S. Robertson, „A Critical Analysis of Peltzman's The Efects of Safety Regulation, „Journal of Economic Studies, 11 (1977).

7. Captain A.F. Dickson, „Navigations Problems (Tankers)". International Tanker Safety Conference (London: International Chamber of Shipping, 1971), 2.

8. Maritime Transportation Research Board, Human Error în Merchant Marine Safety, AD/A-028 371 (Washington, D.C.: National Tehnical Information Service, June 1976), 77.

9. Ibid.

10. Ibid., 77 – 78.

11. Edward Cowan, Oil and Water (Philadelphia: J.B. Lippincott Co., 1968), 42.

12. Ibid.

13. Lloyd's List, London, 21 May 1981, 1.

14. MTRB, Human Error, 36. Much of this is thought to be due to the restrictions our government placed upon shipping U.S. goods în „foreign bottoms". Since a new ship built in the U.S. will cost almost three times as much as one built în Japan, we continue to use dreadfully unsafe World War II ships and have far and away the oldest fleet in the world. The restriction was meant to encourage our outmoded shipbuilding industry, but it didn't; it encouraged the continues use of rusty forty-year-old ships that the Coast Guard barely inspects. This is another aspect of this error-inducing sistem.

15. Lloyd's List, 21 May 1981, 1.

16. Ibid., 4.

17. Luther J. Carter, „AMOCO Cádiz Incident Points up the elusive Goal of Tanker Safety, „Science, 200 (5 May 1978): 514.
18. MTRB, Human Error, 43.
19. Noel Mostert, Supership (New York: Alfred A. Knopf, 1974), 28.
20. Carter, „AMOCO Cádiz Incident".
21. Lloyd's List, 21 May 1981, 2.
22. NTSB, MAR-80 – 5, 28 March 1980.
23. NTSB, MAR-79 – 16, 27 September 1979.
24. MTRB, Human Error, 29.
25. Dickson, „Navigation Problems (Tankers), „6.
26. NTSB, MAR-80 – 16, 29 September 1980.
27. USCG/NTSB, 28 August 1973.
28. Mostert, Supership, 22 – 23.
29. Ibid., 36.
30. Ibid., 43 – 44, 52.
31. Ibid., 61 – 62.
32. Ibid., 63 – 64.
33. Ibid., 96.
34. Ibid., 170 – 71.
35. Ibid., 175.
36. Ibid., 133.
37. Ibid., 137.
38. Ibid., 139.
39. NTSB, MAR-81 – 14, 9 December 1981.
40. NTSB, MAR-80 – 16, 29 September 1981.
41. NTSB, MAR-80 – 7, 12 May 1980.
42. NTSB, Safety Recommendation M-82 – 1, 18 February 1982.
43. MTRB, Human Error, 19.
44. USCG/NTSB, MAR-77 – 1, 12 May 1977.
45. Clingăn, „Safety at Sea, „41.
46. Chamber of Shipping of the United Kingdom, Marine Casualty Report Scheme (London, October 1972).
47. John S. Gardenier, „Ship Navigaţional Failure Detection and Diagnosis, „în Human Detection and Diagnosis of Sistem Failures, ed. Jens Rasmussen and William B. Rouse (New York: Plenum Publishing Corp., 1981), 59.
48. USCG/NTSB, Marine Casualty Report, No. 16732/92368, 31

July 2979, 37, 39.

49. Ibid.

50. NTSB, MAR-82 – 3, 9 February 1982.

51. USCG/NTSB, Marine Casualty Report – SS Transhuron on 24 September and Grounding on 26 September 1974, Arabian Sea (Washington, D.C.: Government Printing office, 16 September 1976).

52. Ibid., 24.

53. Ibid., 30.

54. NTSB, S.S. Badger State, 7 December 1971.

55. Ibid., 32.

56. Ibid., 30.

57. See Charles Peroow, The Organizaţional Context of Human Factors Tehnical Report, DTIC Number Ada 1234535 (Washington, D.C: U.S. Office Naval Research, November 1982).

Capitolul 7

1. Gregory B. Baecher, M. Elizabeth Paté, and Richard de Neufville, „Risk of Dam Failure în Benefit – Cost Analysis, „Water Resources Research, 16: 3 (June 1980).

2. Committee on Government Operations, Teton Dam Disaster (Washington, D.C.: Government Priting Ofiice, September 1976.), 31; and Asit K. Biswas and Samar Chatterjee, „Dam Disasters: An Assesment, „Engineering Journal, 54: 3 (March 1971): 3.

3. Kai Erikson, Everything in its Psth: Destruction of Community in the Buffalo Creek Flood (New York: Simon and Schurster, 1976)

4. Committee on Government Operations, Teton Dam Disaster, 6, 7.

5. Nigel Calder, The Restlees Earth, (New York: Viking Press, 1972), 13.

6. Committee on Government Operations, Teton Dam Disaster, 171.

7. Ibid., 19.

8. Ibid., 21.

9. Ibid., 25.

10. Ibid.

11. Ibid., 28 – 29.

12. Ibid., 31.

13. Es and Chatterjee, „Dam Disasters: An Assesment, „7.

14. Committee on Government Operations, Teton Dam Disaster,

10 – 11.

15. Ibid., 12.

16. Ellen Hynes and Erick H. Vanmarcke, „Reliability of Embankment erformance Predictions, „Proceedings of the ASCE Engineerings Mechanics Division Speciality Conference May 1976 (Waterloo, Canada: University Waterloo Press, 1976). (I am indebted to Paul Slovik and Baruch Fischhoff for alerting me to this study.)

17. Congress House Interior Committee, Mill Tailings Dam Break at Church Rock, New York Mexic (Washington, D.C: Government Priting Ofiice, 1980), 9.

18. Ibid., 47, 229 – 31.

19. Ibid., 22.

20. Ibid., 3, 34, 39, 42, 227.

21. Calder, The Restless Earth, 136.

22. Ibid., 137 – 38.

23. „Could These Deaths Have Been Averted?" Mine Safety and Health, 1979.

24. Ibid.

25. Ibid.

26. E.D. Seals and R.A. Speirer, „Analysis of Accidents Related to Falls of Ground în Metal and Nonmental Mines, 1972 – 1973, „U.S. Bureau Of Mines, Mining Enforcement and Safety Administration, Pittsburgh Information Report 1009, 1.

27. „Catastrophe, „Encyclopaedia Britannica.

28. „The Belle Isle Explozion, „Mine Safety and Health, 1980, 5.

30. Biswas and Chatterjee, „Dam Disasters: An Assessment". 7.

Capitolul 8

1. William Hines, „NASA: The Image Misfires, „The nation (24 April 1967).

2. John W. Finney, „Project Mercury Defects Laid to Private Indrustry, „New York Times, 4 Octomber 1963.

3. Aviation Week, 17 April 1976.

4. W.W. Weaver, „Pitfalls în Curent Design Requirements, „Nuclear Safety, 22: 3 (May-June 1981).

5. William J. Broad, „Fallout from Nuclear în Space, „Science (20 july 1979): 281 – 86.

6. P.W. Krey, „Atmospheric Burnup of a Plutonium-238 Generator, „Science, (10 November 1976): 769.

7. Time, 20 December, 1982, 68.
8. Tom Wolfe, The Right Stuff (New York: Bantam Books, 1979).
9. Ibid., 151.
10. Ibid., 30.
11. Ibid., 365 – 61.
12. Ibid., 309 – 14.
13. Ibid., 235 – 43.
14. Ibid., 186.
15. Ibid., 106, 254.
16. Ibid., 174.
17. William K. Stevens, „Man has Yet to Master Shuttle's Sophistication, „New York Times, 15 November 1981.
18. Henry S.F. Cooper, Thirteen: The Flight that Failed (New York: Dial Press, 1973).
19. Ibid., 16 – 18.
20. Ibid., 23 – 24.
21. Ibid., 24.
22. Ibid., 41.
23. Ibid., 62 – 63
24. Graham Allison, Essence of Decision (New York: Little Brown, 1971).
25. See Stephen Talbot, „The H-Boms Next Door, „The Nation (7 February 1981) for this and other references to „broken arrows".
26. Gary Hart and Barry Gondwater, „Recent False Alerts From The Nation's Missile Atack Warning Sistem" Report to the Senate Committee on Armed Services (Washington, D.C.: Government Priting Ofiice, 9 Octomber 1980).
27. New York Times, 16 December 1979.
28. Hart and Goldwater, „Recent False Alerts".
29. Washgton Post, 28 April 1982.
30. Nicholas Wade, „Recombinant DNA: Warming Up For The Big Payoff, „Science, 206 (29 November 1979).
31. Martin Kenney, et al., „Genetic Engineering and Agriculture, „Bulletin No. 125, Cornell Rural Sociology Bulletin Series (July 1982); 2.
32. Wade, „Recombinant DNA".
33. Kenney, „Genetic Engineering and Agriculture, „1.
34. Quoted în Nancy Pfund, „Recombinant DNA: Miracles and

Menace în Do No HARM: Health Risks and Public Choices, ed. Diana Sutton (Berkeley, California: University of California Press, 1984).

36. Krimsky And Ozonoff, Chapter 5.

37. Barbara J. Cullington, „Recombinant DNA Bills Derailed: Congress Still Trying To Pass a Law". Science, 199 (20 January 1978).

38. Eliot Marshall, „Gene Splicers Stimulate a Disaster, Fiind No Riscks, „Science, 203 (23 March 1979): 1223.

39. W.H. Thomasson, „Recombinant DNA and Regulating Uncertainty, „Bulletin of the Atomic Scientists of Chicago, 35: 10 (December 1979).

40. Marshall, „Gene Splicers, „1223.

41. This scenărio was developed independently by biologist Jonathan Beckwith and by biologist Jonathan King. The description here is from Krimsky and Ozonoff, Chapters 6 – 14.

42. Charles Weiner, „Relations Of Science, Governement, and Indrustry: The case oh Recombinant DNA" în American Associantions for the Advacement of Science, Policy Outlook: Science, Techonology and the Issues of the eighties Washington, D.C: AAAS, 1981, 10956; and Pfund, „Recombian DNA: Miracles and Menace".

41. Barbara Goldoftas, „Recombinant DNA: The Ups Downs of Regulation, „Technology Review (May – June 1982): 32.

44. Kenney, „Genetic Engineering and Agriculture".

45. Cited în Kenny, ibid.58.

46. Cited în Pfund, „Recombinant DNA: Miracles and Menace".

Capitolul 9

1. See, for example, Roger Kaspeson, C. Hohenemser, and J.X. Kaspeson, „Instituţional Response to Diferenţ Perceptions of Risk" în Accident at Three Mile Island: The Human Dimensions, ed. David L. Sills, Charles P. Wolfe, and Vivian B. Shelański (Boulder, Colorado: Westriew Press, 1982), 39/48.

2. Stephen Talbot, „The H-Bombs Next Door" Nation (February 1981).

3. See, for example, the papers în Societal Risk Assessment: How sale is Safe Enough? ed. Richard C. Schwing and Waltwr A. Albers Jr. (New York: Plenum Press, 1980), 129/41; and Lester B. Lave, „Introduction" în Quantitative Risk Assessment în Regulation, ed. Lester B. Lave (Washington, D.C.; Brookings Institution, 1983), 8.

Schwing and Albers, Societal Risk Assessment.

4. Schwing and Albers, Societal Risk Assessment.

5. See John D. Graham and James W. Vaupel, „Value of a Life, What Difference Does It Make?" Risk Analysis, 1: 1 (1981): 89/95, for discussion.

6. See the body/count mentality în David Okrent, „Comment on Societal Risk, „Science, 208 (25 April, 1980): 372/75.

7. Barbara Combs and Paul Slovic, „Newpaper Coverage of causes of Death, „Journalism Quarterly, 56: 4 (Winter 1979): 837.

8. Paul Slovic, Baruch Fischhoff, and Sara Lichtenstein „Facts and Fears: Understand/ing. Perceived Risk, „în Sicrietal Risk Assessment, ed. Schwing and Albers.

9. See, for example, Bernard L. Cohen and I-Sing Lee, „A Catalog of Risks, „Health Physics, 36 (June 1979).

10. This is one of the main distinvtions of the first body-count analysis by Chauncey Starr în 1969, See Starr, „Social Benefit versus Technological Risk, „Science, 165 (1969): 1232 – 38.

11. See Richard Wilson, „The Costs of safety, „New Scientist (30 october 1975): 274 – 75, for estimates of $750 milon spent per life saved în nuclear plants.

12. Bernard L. Cohen, „Society's Evaluation of lifesaving and radiation Protection and Other Contexts, „Health Psysics, 38 (January 1980): 33 – 51.

13. J. Patrick Wright, On a Clear Day You Can See General Motors (New York: Avon Books, 1980), 65 – 67.

14. Baruch Fischhoff, „Cost – Benefit Analysis and the Art of Motorcycle Maintenance, „Policy Sciences, 8 (1997), 177 – 202.

15. For an argument that wage earners in the periphery labor market are subiect to more risks and not compensaţi for them, see Julie Graham and Don Shakow, „Risks and Rewards: Hazard Pay for Workers, „Environment, 23: 8 (October 1981): 14 – 45.

16. See, for example, Socialogist Robert Nisbet „Quintessenţial Liberal, „Commentary, 72 (September 1981): 61 – 64; political scientist Aaron Wildavksky, „No Risk Is the Highest Risk of All, „American Scientist, 67 (January-February, California: University of California Press, 1982).

17. See, for example, the assortment în Schwing and Albers, Societal Risk Assessment.

18. Ronald A. Howrd, „On Making Life and Death Decisions, „în

Societal Risk Assessmen, Ed. Schwing and Albers, 89 – 106.

19. Chauncey Starr and Chris Whippel, „The Risk of Risk Decisions, „Science, 208 (6 June 1980): 1114 – 19.

20. See review of risk assessors attitudes în William J. Broad, „Public Attitudes to Technological Progress, „Science, 205 (20 July 1979): 281 – 86.

21. Howard Raffa, „Concluding Remarks, „în Societal Risk Assessment, ed. Schwing and Albers, 340.

22. William C. Clark, „Witch, Floods and Wonder Drugs" Historical Perspectives on Risk Management, „în Societal Risk Assessment, ed. Schwing and Albers, 305.

23. Starr and Whippel, „The Risk Of Risk Decisions, „and Schwing, „Trade Offs, „în Societal Risk Asement, ed. Schwing and Albers, 137.

24. Kasperson, Hohenemser, and Kasperson, „Instituţional Response, „40, 43.

25. Lester B. Lave, „Quantitative Risk Assessment în Regulation, „Washington, D.C.: The Brookings Institutation, 1982), 8.

26. Amos Tversty and Daniel Kahneman, „Abailability: A Heuristic for Judging Frequecny and Probability, „Cognitive Psychology, 5, (1973): 20 – 232.

27. See, for example, the critical review og cognitive psychology by cognitive psychologiest Hillel J. Einborn and Robin M. Hogarth, „Behavioral Decision Theory: Process of Judment and Choice, Annual Review of Psychology, 32 (1981): 53 – 58; and Robin M. Hogarth, „Beyond Discrete Biases: Fructional and Dysfuncţional Aspects of Judgmental Heuristics, „Psychological Bulletin, 90: 2 (197 – 217). See also the whole fascinating September 1981 issue of the Journal and Brain Sciences.

28. See David M. Eddy, „Probabilistic reasoning în clinical Medicine: Problems and Opportunities, „în Judment under Uncertainty: Heuristics and Biases, ed. Daniel Kahneman, Paul Slovic, and Amos Tversky (Cambridge, Massachusetts: Cambridge University Press, 1982), 249 – 67.

29. Daniel Kahneman and Amos Tversky, „On the Psychology of Prediction, „Psychological Review, 80 (1973): 237 – 51.

30. Baruch Fischhoff, „Behavioural Aspect of Cost-Benefit Analysis, „în Energy Risk Management, ed. G. Goodman, W.D. Rowe

(London: Academic Press, 1979).

31. Slovic, Fischhoff, and Lichtenstein „Facts and Fears".

32. See Robert Cameron Mitchell, „Public response to a Major Failure of a Controversial Technology, „în Accident at Three Mile Island.

33. See James G. March, „Bounded Rationality, Ambiguity, and the engineering of Choice, „Bell Journal of Economics (Autumn, 1978): 587 – 608, for an elegantstastment of the assumptions behind what is called the „garbage can" theory, and see James C. March and Johan Olsen, eds., Ambiguity în Choice în Organizations (Vergen: Universitets Forlaget, 1976), for applications.

34. Paul Slovic, Baruch Fischhoff, and Sara Lichtenstein, „Perceived Risk: Psychological Factors an Social Implications, „Proceedings of the Royal Society of London, A 376, 1981, 17 – 34.

35. Slovic, Fischhoff, and Lichtenstein, „Perceived Risk, „25.

36. Clifford Geertz, The Interpretation of Cultures (New York: Basic Books, 1973), 332.

37. See Ralph Blumenthal, „Illegal Dumping of Toxins Laid to Organized Crime, „New York Times, 5 June 1983.

38. Transcript from Kemeny Commission, closed session 19 September 1979. Transcript available în Nuclear Regulatory Commission's Three Mile Island Reading Room.

39. Charles Perrow, „The President's Commission and the Normal Accident, „in The Accident at Three Mile Island: The Human Dimensions, eds. Vivian Shelansky, David Sills, and Charles Wolf (Bounder, Colorado: Westriew Press, 1981), 173 – 184.

BIBLIOGRAPHYBIBLIOGRAFIE

Three Mile Island References Referinte

The Three Mile Island accident material is drawn from the following bibliography. If the references are limited to Chapter 1, they do not appear again in the general list of references for the whole book.

Babcock and Wilcox. Press Conference, June 5, 1979, 82 – 3, 90. Comments of J.H. McMillan

Bird and Prial, New York Times, 1, 2, 3, 9, and 25 November 1982.

— New York Times, 7 December 1982.

— New York Times, 25 January 1983.

Comey, David Dinsmore. „The Incident at Browns Ferry". In the Silent Bomb, Edited by Peter Faulkner, 3 – 23. New York: Random House, 1977.

Essex Corporation. Human Factors Evaluation of Control Room Design and Operator Performance at Three Mile Island-2. NUREG/ CR-1270, 1 January 1980, v.

Faulkner, John. We Almost Lost Detroit. New York: Reader's Digest Press, 1975.

Kemeny, John, et al. The Need for Change: The Legacy of TMI. Report of the President's Commission on the Accident at Three Mile Island. Washington, D.C.: Government Printing Office, 1979.

Mason, John F. „The Tehnical Blow-by-Blow". IEEE Spectrum, 16 November 1979, 33 – 42.

Perrow, Charles. „The President's Commission and the Normal Accident". In The Accident at Three Mile Island: The Human Dimensions. Edited by Vivian Shelansky, David Sills, and Charles Wolf, 173 – 184. Boulder, Colorado: Westriew Press, 1981.

President's Commission on the Accident at Three Mile Island. Hearings. 30, 31 May, 1 June, 18 July, 1979.

Rubenstein, Ellis. „The Accident That Shouldn't Have Happened, „IEEE Spectrum, 16 November 1979, 34 – 42.

Science, 206, 19 October 1979, 308.

Scott, R.L., Jr. „Fuel-Melting Accident at the Fermi Reactor on October 5, 1966". Nuclear Safety 12, 1971.122 – 134.

Union of Concerned Scientists. The Risk of Nuclea Power Reactors. Cambridge, Mass.: UCS, 1977, 10 – 16.

REFERENCESREFERINȚE

Abraham, P., D. Pattnaik, and S.D. Soman. „Safety Experinces in the Operation of a BWR Station in India". În Principles and Standards of Reactor Safety, edited by the International Atomic Energy Agency. Proceedings of a symposium. IAEA, Vienna, 1973, 459 – 71.

Allison, Graham. Essence of Decision, New York; Little Brown, 1971.

American Petroleum Institute. Reported Fire Losses in the Petroleum Industry for 1980 (with errata, January 18, 1982), Washington, D.C.: API, December 1981.

American Petroleum Institute. Review of Fatal injuries in the Petroleum Industry for 1980, Washington D.C., API, September 1981.

American Petroleum Institute. Summary of Occupational injuries and Illnessse in the Petroleum Industry, Washington D.C.: API, September 1981.

Ashford, Nicholas A. Crisis in the Workplace: Occupational Disease and înjury. Cambrige, Mass.: MIT Press, 1976, 59 – 60.

Atwood, J.D. „How Hot Is Too Hot?" Ammonia Plant Safety 18, 1976, 109 – 11.

Aviation Week, 17 April 1967.

Aviation Week and Space Technology 17 March 1980, 61.

Baecher, Gregory B., M. Elizabeth Paté, and Richard de Neufville. „Risk of Dam Failure în Benefit-Cost Analysis". Water Resources Research, 16: 3, June (1980), 449 – 56.

Bagne, Paul. „The Glow Boys, „Mother Jones, November 1982, 24 – 27.

„The Belle Isle Explozion". Mine Safety and Health, 5: 4, 1980, 2 – 7, 28.

Billlings, Charles, Ralph Grayson, William Hecht, and Renwick Curry. A Study of Ne-ar Midair Collisions în U.S. Terminal Airspace. NASA TM-81225, August 1980.

Biswas, Asit K., and Samar Chatteriee. „Dam Disasters: An Assessment". Engineering Journal, 54: 3, March 1971.

Blumenthal, Ralph. „Illegal Dumping of Toxins Laid to Organized Crime, „New York Times, 5 June 1983.

Braverman, Harry. Labor and Monopoly Capital. New York: Monthly Review Press, 1974.

Broad, William J. „Fallout from Nuclear Power în Space". Science, 219, 7 January 1983, 38 – 9.

Broad, William J. „Public Attitudes to Technological Progress". Science, 205, 20 July 1979, 281 – 286.

Brown, Michael H. Layind Waste, New York, Pantheon, 1979.

Bupp, Irvin C., and Jean-Claude Derian. Light Water: How the Nuclear Dream Dissolved. New York: chasic Books, 1978.

Burns, Tom, and G.M. Stalker. The Management of Inovation. New York: Barnes and Noble, 1961.

Calder, Nigel. The Restless Earth. New York: Viking Press, 1972.

Carson, Rachel. Silent Spring. New York: Houghton-Mifflin, 1962.

Carter, Luther J. „AMOCO Cádiz Incident Points Up the elusive

Goal of Tanker Safety". Science, 200, 5 May 1978, 514.

Castro, W.R. „Safety-Related Occurrences Reported în October-November 1970". Nuclear Safety, 12: 2, March-April 1971, 145.

— „Operating Experiences". Nuclear Safety, 12: 3, May-June 1971, 249.

— „Operating Experiences". Nuclear Safety, 12: 4, July-August 1971.

— „Operating Experiences". Nuclear Safety, 13: 3, May-June 1972, 236.

— „Operating Experiences". Nuclear Safety, 16: 2, March-April 1975, 233.

Catastrophe! When Man Loses Control. Prepared by the editors of Encyclopaedia Britannica. New York: Bantam, 1979.

Chamber of Shipping of the United Kingdom, London: Marine Casualty Report Scheme. October 1972.

Clark, William C. „Witches, Floods and Wonder Drugs: Historical Perspectives, on Risk Management. În Societal Risk Assessment: How Safe Is Safe Enough? edited by Richard C. Schwing and Walter A. Albers, pp. 287 – 311. New York: Plenum Press, 1980.

Clarke, Lee. „Risk and Interorganizaţional Relations". Unpublished manuscript, SUNY, Stony Brook, Sociology Departament, 1983.

Clawson, Dan. Bureaucracy and the Labor Process. New York: Monthly Review Press, 1980.

Clingăn. I.C. „Safety at Sea". Interdisciplinary Science Reviews, 6: 1, 1981, 36 – 48.

Cohen, Bernard L. „Society's Evaluation of Lifesaving and Radiation Protection and Other Contexts". Health Psyhics, 38, January 1980, 33 – 51.

Cohen, Bernard L., and I-Sing Lee. „A Catalog of Risks". Health Psyhics, 36, June 1979, 707 – 22.

Combs, Barbara, and Paul Slovic. „Newspaper Coverage of Causes of Death". Journalism Quarterly, 56: 4, Winter 1979, 837 – 43.

Committee on Government Operations. Terton Dam Disaster. Washington, D.C.: Government Printing Office, September 1976.

Cooper, Henry S.F. Thirteen: The Flight That Failed. New York: Dial Press, 1973.

„Could These Deaths Have Been Averted?" Mine Safety and Health 1979, 4, 5, 8.

Cowan, Edward. Oil and Water. Philadelphia: J.B. Lippincott Co., 1968, 38 – 45.

Cullington, Barbara J. „Recombinant DNA Bills Derailed: Congress Still Trying to Pass a Law". Science, 199, 20 January 1978, 274 – 77.

Dalton, Melville. Man Who Manage. New York: John Wiley, 1959.

Davenport, J.A. „A Survey of Vapor Cloud Incidents". Chemical Engineering Progress, 73: 9, September 1977, 54 – 63.

Departament of Employment. The Flixborough Disaster, Report of the Court of Inquiry. London: Her Majesty's Stationery Office, 1975.

Dickson, Captain A.F. „Navigation Problems (Tankers)". International Tanker Safety Conference, 1971. International Chamber of Shiping. London 1971, 1 – 23.

Douglas, Mary, and Aaron Wildavsky. Risk and Culture. Berkeley, Calif. University of California Press, 1982.

Eddy, David M. „Probabilistic Reasoning în clinical Medicine: Problems and Opportunities". În Judgement Under Uncertainty: Heuristics and Biases, edited by Daniel Kahneman, Paul Slovic, and Amos Tversky, Cambridge, Mass.: Cambridge University Press, 1982, 249 – 67.

Edwards, Elwyn. „Automation in Civil Transport Aircraft". Applied Ergonomics, 8: 4, December 1977, 194 – 98.

Egginton, Joyce. The Poisoning of Michigan. New York: W.W. Norton, 1980.

Einhorn, Hillel J., and Robin M. Hogarth, „Behavioral Decision Theory: Processes of Judgement and Choice". Annual Review of Psychology, 32, 1981, 53 – 88.

Emsheiller, John R. „Construction Halt at Nuclear Plant Raises Questions, „Wall Street Journal, 24 October 1979.

Eriksson, Kai. Everything in its Path: Destruction of Commmunity in the Buffalo Creek Flood. New York: Simon and Schuster, 1976.

Fallows, James. National Defense. New York: Random House, 1981.

Feaver, Douglas B. Washington Post, 7 March 1982, C4.

Feazel, M. „Fuel Pivotal în Trunks Earnings Slump". Aviation

Week and Space Technology, 113, 18 February 1980: 31 – 2.

Finney, John W. „Project Mercury Defects Laid to Private Industry". New York Times, 4 October 1963.

Fischhoff, Baruch. „Behavioural Aspects of Cost-Benefit Analysis". În Energy Risk Management, edited by G. Goodma and W.T.D. Rowe. London: Academic Press, 1979.

Fischhoff, Baruch. „Cost-Benefit Analysis and the Art of Motorcycle Maintenance". Policy Sciences, 8, 1977, 177 – 202.

Fitts, Paul M., and R.E. Jones. „Analysis of Factors Contributing to 460 Pilot Error Experiences în Operating Aircraft Controls". În Selected Papers on Human Factors in the Design and Use of Control Sistems, edited by H. Wallace. Sinaiko, N. Y.: Dover Publications, Inc., 1961.

Franklin, Ben A. „Toxic Wastes Turned Area of Non-Profit". New York Times, 25 February 1983, B8.

Fuller, John G. „We Almost Lost Detroit". In The Silent Bomb, edited by Peter Faulkner. New York: Random House, 1977, 45 – 59.

Gaffney, Michael E. „Bridge Simulation: Trends and Comparasions". Unpublished manuscript, Maritime Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1982.

Gardenier, John S. „Ship Navigaţional Failure Detection and Diagnosis". Human Detection and Diagnosis of Sistem Failures, ed. Jens Rasmussen and William B. Rouse, 49 – 74, New York: Plenum Publishing Corp., 1981.

Geertz, Clifford. The Interpretation of Cultures. New York: Basic Books, 1973, 3 – 32.

Gilinsky, Victor. „Full Ahead for Nuclear Power?" Technology Review, February/March 1982, 10.

Godson, John, The rise and Fall of the DC-10. New York: David McKay, 1975.

Gold, Michael. „Who Pulled the Plug on Lake Peigneur?" Science 81, November 1981, 56 – 63.

Goldoftas, Barbara. „Recombinant DNA: The Ups and Downs of Regulation". Technology Review, May/June 1982, 29 – 32.

Goller, O. „Report on Three Serious Accidents în Oxygen Plants". În C.H. Buschmann, ed. Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries. New York: Elsevier, 1974, 325 – 30.

Graham, John D., and James W. Waupel. „Value of a Life, What Difference Does It Make?" Risk Analysis, 1: 1, 1981, 89 – 95.

Graham, Julie, Don Shakow, and Christopher Cyr. „Risk Compensation in Theory and Practice". Environment 25: 1, January/February 1983, 14 – 40.

Grayson, Ralph L., and Charles E. Billings. „Information Transfer Between Air Traffic Control and Aircraft: Communication Problems în Flight Operations" în Information Transfer Problems in the Aviation Sistem, NASA, Tehnical Paper 1875, Moffett Field, Calif. September 1981, 47 – 62.

Greenberg, Daniel. The Politics of Pure Science. New York: New American Library, 1967.

Gulbransen, Earl A. „Not Safe Enough". Bulletin of the Atomic Scientist, June 1975, 5.

György, Anna, and friends. No Nukes: Everyone's Guide to Nuclear Power. Montreal: Black Rose Books, 1979.

Hagen, E.W. „Common-Mode/Common Cause Failure: A Review". Nuclear Safety, 21: 2, March-April 1980, 184 – 92.

Hall, D.W., and A.W. Hecht. „Summary of the Characteristics of the ASRS Database". Ninth Quarterly Report, NASA, 78608, Washington D.C. June 1979, 24 – 34.

Hart, Gary, and Barry Goldwater. „Recent False Alerts from the Nation's Missile Attack Warning Sistem". Report to the Senate Committee on Armed Services. Washington, D.C.: Government Printing Office, 9 October 1980.

Hines, William. „NASA: The Image Misfires". The Nation, 24 April 1967, 517 – 19.

Hirschhorn, Larry. „The Soul of a New Worker". Working Papers, January/February 1982, 42 – 7.

Hogarth, Robin M. „Beyond Discrete Biases: Funcţional and Dysfucţional Aspects of Judmental Heuristics". Psychological Bulletin, 90: 2, 197 – 217.

Howard, Ronald A. „On Making Life and Death Decisions". În Societal Risk Assessment: How Safe Is Safe Enough? Edited by Richard C. Schwing and Walter A. Albers, 89 – 106.

Hoy-Petersen, R. „Fire Prevention is Solvent Extraction Plants". În C.H. Buschmann, ed., Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries. New York, Elsevier, 1974, 325 – 30.

Hunt, D.C. „Restricted Release of Plutonium-Part 1. Observaţional Data". Nuclear Safety, 12: 2, March/April 1971, 85 – 9.

Hynes, Mary Ellen, and Erick H. Vanmarcke. „Reliability of Embankment Performance

…